

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Eléctrica

PROYECTO DE FIN DE CARRERA

**ESTUDIO DE LOS
SISTEMAS DE
MICROGENERACIÓN
EN ESPAÑA**

Autor: Javier Fernández de Alarcón Medina

Tutora: Consuelo Gómez Pulido

Madrid, octubre de 2010

Agradecimientos

Muchas son las personas a las que me gustaría agradecer por la carrera y el proyecto de fin de carrera.

Gracias especialmente a mis padres, Javier y Clara, a mis hermanos y cuñados, Fabian, María, Iciar, Carlos, María y Manuel por su apoyo durante estos años, su paciencia y todo el cariño que me han regalado. No me olvido, por supuesto de los pequeños de la casa, que han invadido nuestras vidas con su alegría y su inocencia.

Quiero también agradecer al tío Fabian por su dedicación y su entrega a los demás, para mí ha sido un verdadero ejemplo de vida y un apoyo de confianza. También, quiero agradecer a mi familia en general por su apoyo y preocupación, en especial a Juan, por su atención, cariño y como ejemplo de lucha y trabajo en la vida.

Muchas gracias también a Edu, Peru, Carlos, Mike y Álvaro porque siempre han estado conmigo, han sido un apoyo importantísimo, y no solo en la carrera y con los que espero pasar muchos años de amistad. Muchas gracias también a esa promoción 102, con la que tanto he crecido y tan buenos momentos he pasado.

Muchos son los nombres que surgen como Rocío, Rosa, Mar, Esther, Marcos, Rafa, Blanca, Maria, Ana's, Isa, Carmen, Jaime, Paco, Sergio, Manolo, Lucia, Saúl...

También muchas gracias a los amigos del colegio, Clara, Nacho, Ana, Sandra... por todos estos años de amistad, por todo el apoyo que me habéis dado, por vuestro cariño y vuestra paciencia.

A todos estos compañeros de viaje erasmus, con los que he compartido un año muy importante, que ha sido una experiencia de vida para todos y que tanto nos ha enriquecido.

Y muchas gracias a todos los compañeros de la universidad, con los que he compartido estos años de carrera, en los que hemos pasado buenos y malos momentos con los estudios...muchas gracias.

Muchas gracias a Consuelo Gómez Pulido por su dedicación, su tiempo y lo que he aprendido en la realización del proyecto.

Índice

Índice de ilustraciones	4
Índice de tablas	6
1. Objetivo	7
2. Introducción.....	8
2.1 Conceptos previos	9
3. Situación y perspectivas energéticas	11
3.1 Cambios en el sistema energético mundial	11
3.2 Desarrollo de la situación energética mundial.....	11
4. Estado del uso energético	16
4.1 Situación actual de la energía de nuestro entorno	16
4.2 Situación actual de la energía en España.....	18
4.3 Las energías renovables en España	23
4.3.1 Estructura del mercado de las energías renovables	24
4.3.2 Previsión para el futuro de las energías renovables.....	24
4.3.2.1 Plan de energías renovables 2011-2020	25
4.3.2.2 Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020	26
5. Marco legislativo energético	32
5.1 Fomento de las energías renovables	32
5.2 Régimen especial.....	35
5.3 Mecanismos de control.....	37
5.4 Sistemas de apoyo	38
5.5 En proceso de elaboración.....	39
6. Régimen especial.....	40
7. Tecnologías de microgeneración	42
7.1 Energía Eólica.....	43
7.1.1 Definición	43
7.1.2 Estado de la Energía Eólica.....	44
7.1.3 Tecnología eólica	45
7.1.4 Minieólica.....	46

7.1.4.1	<i>Diseño de una instalación minieólica</i>	48
7.1.4.2	<i>Instalación y conexión a la red eléctrica</i>	50
7.1.4.3	<i>Ejemplos de aplicación</i>	51
7.2	<i>Energía solar fotovoltaica</i>	53
7.2.1	<i>Definición</i>	53
7.2.2	<i>Estado de la Energía Solar</i>	54
7.2.3	<i>Tecnología solar</i>	55
7.2.4	<i>Microgeneración solar</i>	56
7.2.4.1	<i>Diseño de una instalación de microgeneración fotovoltaica</i>	58
7.2.4.2	<i>Instalación y conexión a la red eléctrica</i>	59
7.2.4.3	<i>Ejemplos de aplicación</i>	61
7.3	<i>Energía geotérmica</i>	63
7.3.1	<i>Definición</i>	63
7.3.2	<i>Estado de la energía geotérmica</i>	64
7.3.3	<i>Tecnología geotérmica</i>	65
7.3.4	<i>Microgeneración geotérmica</i>	67
7.3.4.1	<i>Diseño de una instalación de microgeneración geotérmica</i>	68
7.3.4.2	<i>Instalación y conexión a la red eléctrica</i>	71
7.3.4.3	<i>Ejemplos de aplicación</i>	72
7.4	<i>Energía de la Biomasa</i>	73
7.4.1	<i>Definición</i>	73
7.4.2	<i>Estado de la energía de la Biomasa</i>	74
7.4.3	<i>Tecnología de la biomasa</i>	75
7.4.4	<i>Microgeneración mediante la Biomasa</i>	77
7.4.4.1	<i>Diseño de una instalación de microgeneración mediante Biomasa</i>	78
7.4.4.2	<i>Instalación y conexión a la red eléctrica</i>	78
7.4.4.3	<i>Ejemplos de aplicación</i>	79
7.5	<i>Cogeneración</i>	81
7.5.1	<i>Definición</i>	81
7.5.2	<i>Estado de la cogeneración</i>	82
7.5.3	<i>Tecnología de cogeneración</i>	84
7.5.3.1	<i>Trigeneración</i>	85
7.5.4	<i>Microcogeneración</i>	86
7.5.5	<i>Microcogeneración: Microturbinas</i>	87
7.5.5.1	<i>Definición</i>	87
7.5.5.2	<i>Tecnología de las microturbinas</i>	87
7.5.6	<i>Microcogeneración: Pilas de combustible</i>	89
7.5.6.1	<i>Definición</i>	89
7.5.6.2	<i>Tecnología de las pilas de combustible</i>	90
7.5.7	<i>Instalación y conexión a la red eléctrica de una instalación de microcogeneración</i>	93
7.5.8	<i>Ejemplos de aplicación de microcogeneración</i>	94

7.6 Energía Hidráulica	96
7.6.1 Definición	96
7.6.2 Estado de la energía hidráulica	97
7.6.3 Tecnología hidráulica.....	98
7.6.4 Microhidráulica.....	100
7.6.4.1 Diseño de una instalación microhidráulica	101
7.6.4.2 Instalación y conexión a la red eléctrica	103
7.6.4.3 Ejemplos de aplicación.....	105
8. Conexión a la red eléctrica	106
8.1 Sistemas de interconexión a la red eléctrica.....	107
8.2 Sistemas de control.....	108
8.3 Registro de las instalaciones.....	112
8.4 Medidas de ayuda para la microgeneración	113
8.5 Sistemas de incentivos, primas y retribuciones	115
9. Valoración de la microgeneración.....	118
9.1 Ventajas	118
9.1.1 Liberalización del mercado y seguridad de suministro	118
9.1.2 Reducción de las pérdidas de red.....	119
9.1.3 Ventajas medioambientales	119
9.1.4 Reactivación energética e influencias económicas	120
9.1.5 Dependencia energética del exterior.....	122
9.1.6 Instalaciones de microgeneración híbridas	122
9.1.7 Poblaciones sin acceso a la red eléctrica	123
9.2 Inconvenientes	124
9.2.1 Problemas financieros.....	124
9.2.2 Problemas administrativos	125
9.2.3 Problemas técnicos.....	125
9.2.4 Falta de conocimiento	127
9.3 Opciones para facilitar el uso de la microgeneración.....	128
10. Conclusiones.....	137
11. Bibliografía.....	139

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Emisiones totales de gases de efecto invernadero. Fuente: Eurostat</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 2. Evolución de la Producción Interior de Energía y Grado de Autoabastecimiento. [6]</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 3. Evolución del consumo de energía primaria [6]</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 4. Consumo de Energía Primaria por tipo. Miles de tep. [2]</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 5. Evolución de consumo de energía final. Miles de tep. [2]</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 6. Evolución de la intensidad energética primaria en España y la UE-15. [6]</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 7. Comparativa de la Producción en Régimen Ordinario y Especial. [2]</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 8. Evolución de potencia instalada de microgeneración acogida al régimen especial. [7]</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 9. Consumo de Energía Primaria. 2009. [6]</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 10. Producción eléctrica según Fuentes. 2009. [6]</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 11. Estructura de la generación eléctrica en España. [8]</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 12. Evolución de la producción eléctrica según fuentes. (Escenario de Referencia) [6]</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 13. Evolución producción eléctrica bruta en el segundo escenario. GWh [6]</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 14. Ejemplo de microgeneración urbana</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 15. Instalación eólica en vivienda unifamiliar</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 16. Evolución de la potencia instalada de tecnología eólica de microgeneración. [7]</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 17. Evolución de la potencia vendida a la red eléctrica dentro del régimen especial. [7]</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 18. Aerogenerador minieólico</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 19. Diagrama simplificado de una instalación minieólica combinada con otra fotovoltaica</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 20. Aerogenerador instalado en el departamento de industria de Navarra.</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 21. Energy Ball del la empresa Home Energy</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 22. Instalación híbrida de la empresa Bornay</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 23. Esquema de un sistema fotovoltaico y ejemplo de instalación fotovoltaica aislada [20]</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 24. Evolución de la potencia instalada de tecnología de microgeneración de energía solar. [7]</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 25. Evolución de la energía vendida dentro del régimen especial. [7]</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 26. Ejemplo de una instalación fotovoltaica en la edificación.</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 27. Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 28. Instalación fotovoltaica de la empresa Gereació Fotovoltaica S.L</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 29. Instalación en el colegio de Coslada, realizada por la empresa Isofotón. [22]</i>	<i>62</i>

<i>Ilustración 30. Proyectos de la empresa Isofotón. [22]</i>	62
<i>Ilustración 31. Imagen de pozos geotérmicos.</i>	63
<i>Ilustración 32. Aplicaciones de un sistema con una bomba de calor para viviendas. [25]</i>	67
<i>Ilustración 33. Esquema de planta de vapor directo/seco</i>	69
<i>Ilustración 34. Esquema de una Planta Flash</i>	69
<i>Ilustración 35. Esquema de un planta de ciclo binario.</i>	69
<i>Ilustración 36. Diferentes ejemplos de intercambiadores de calor.</i>	70
<i>Ilustración 37. Vivienda unifamiliar con un sistema híbrido solar- geotérmico.</i>	72
<i>Ilustración 38. Evolución de la potencia instalada de microgeneración basada en biomasa. [7]</i>	74
<i>Ilustración 39. Evolución de la energía vendida de microgeneración basada en biomasa. [7]</i>	75
<i>Ilustración 40. Esquemas de generación energética con biomasa. [27].</i>	76
<i>Ilustración 41. Ejemplo de instalación energética de la empresa ERSOLAM</i>	80
<i>Ilustración 42. Evolución de la potencia instalada de microcogeneración acogida al régimen especial. [7].</i>	82
<i>Ilustración 43. Evolución de la energía vendida de microcogeneración en régimen especial. [7].</i>	83
<i>Ilustración 44. Diagrama de un sistema de trigeneración.</i>	85
<i>Ilustración 45. Esquema general de la cogeneración con microturbinas de gas. [28].</i>	87
<i>Ilustración 46. Esquema interno de una microturbina.</i>	88
<i>Ilustración 47. Ejemplo de pila de combustible en una bicicleta eléctrica.</i>	89
<i>Ilustración 48. Esquema de una pila de combustible alimentada de hidrógeno.</i>	91
<i>Ilustración 49. Esquema de microcogeneración conectada a la red eléctrica. Fuente: Endesa.</i>	94
<i>Ilustración 50. Molino instalado en la orilla de un río para aprovechar la energía cinética.</i>	96
<i>Ilustración 51. Evolución de la potencia instalada de microhidráulica en régimen especial. [7].</i>	97
<i>Ilustración 52. Evolución de la energía hidráulica de microgeneración vendida en régimen especial. [7].</i>	98
<i>Ilustración 53. Ejemplo de salto en un embalse con turbina Francis y detalles de la turbina Francis</i>	99
<i>Ilustración 54. Ejemplo de salto en un embalse con turbina Kaplan y detalle de la turbina Kaplan</i>	99
<i>Ilustración 55. Ejemplo de salto en un embalse con turbina Pelton y detalle de la turbina Pelton</i>	100
<i>Ilustración 56. Ejemplo de conducciones aprovechables y molinos reutilizables.</i>	101
<i>Ilustración 57. Colector y turbina de la instalación microhidráulica de Arlanzón. [29]</i>	105
<i>Ilustración 58. Casa rural "El Molino del Camino".</i>	105
<i>Ilustración 59. Esquema de los sistemas eléctricos combinando grandes centrales y microgeneración. [30]</i>	106
<i>Ilustración 60. Instalación de un sistema de aire comprimido. [33]</i>	135

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Distribución mundial del consumo energético en 2009. Fuente: BP</i>	16
<i>Tabla 2. Consumo final de Energías renovables [8]</i>	25
<i>Tabla 3. Consumo de energía final [8]</i>	26
<i>Tabla 4. Objetivos globales nacionales para la cuota de energía. [6]</i>	27
<i>Tabla 5. Consumo de Energía Primaria (Escenario de Referencia) [6]</i>	27
<i>Tabla 6. Consumo de Energía Primaria (Escenario de eficiencia energética adicional) [6].</i>	28
<i>Tabla 7. Top-15 de países que dan uso a la energía geotérmica. [23]</i>	65

1. Objetivo

El objetivo del proyecto es analizar la situación de la microgeneración en España, analizando las diferentes tecnologías de microgeneración, ahondando especialmente en las tecnologías renovables no marinas, de las instalaciones acogidas al régimen especial.

Se tratará de definir el concepto de microgeneración, explicando en que consiste la generación distribuida y cuales son las condiciones que tienen estas instalaciones para acogerse al régimen especial. También se hará un análisis de la legislación vigente que afecta a la microgeneración, especificando las características del régimen especial y las condiciones de las instalaciones para poder acogerse al régimen especial.

Se estudiarán los rangos de potencia de la microgeneración, las diferentes posibilidades de utilización y de aplicación dentro del sistema eléctrico español. También, se pretenden conocer los diferentes sistemas y elementos de conexión de la microgeneración a la red eléctrica, analizando los posibles problemas de conexión y las soluciones para mejorar la conexión a la red eléctrica de los sistemas de generación distribuida, entre los que se incluyen las instalaciones de microgeneración.

Analizar la situación de la microgeneración es muy interesante porque el mercado energético español esta adaptándose a las nuevas necesidades energéticas y medioambientales, como la liberalización del mercado energético. La microgeneración se está desarrollando actualmente en muchos países de nuestro entorno, en concreto, en la Unión Europea, por lo que se analizarán algunas de las medidas legislativas y sistemas de primas y de retribuciones adaptados a la microgeneración en estos países.

Además, se tratarán de analizar los diferentes intereses para el desarrollo de la microgeneración, como el medioambiental, que se considera que puede tener especial relevancia, o como el tema de la dependencia energética del exterior, aspecto en el que en la Unión Europea se espera mejorar.

También se pretenden analizar las ventajas y los inconvenientes de los sistemas de microgeneración, es interesante también poder conocer los diferentes aspectos que puedan facilitar su implantación. Se busca también en el proyecto, poder desarrollar las diferentes posibilidades para facilitar y mejorar el desarrollo de los sistemas de microgeneración en España.

2. Introducción

La energía eléctrica juega un papel fundamental en la sociedad actual, es un bien necesario con el que contamos y que está continuamente renovándose y tratando de optimizar económicamente los recursos que emplea.

El uso de la energía es fundamental para el desarrollo de la sociedad. En la actualidad, el mercado energético está basado fundamentalmente en los combustibles fósiles, que son perjudiciales para el medioambiente y que España tiene que importar del exterior. Desde hace años, la situación energética mundial está cambiando, las energías renovables están ganando peso en la generación eléctrica, debido en parte a la preocupación medioambiental y a la búsqueda de economías sostenibles.

Especial relevancia ha tenido el aspecto medioambiental en el desarrollo de las energías renovables, la preocupación por la conservación del medioambiente y la reducción de las emisiones ha centrado la actualidad energética a través de diferentes acontecimientos como el protocolo de Kyoto.

Para comprender la situación de la microgeneración y la necesidad de su desarrollo en el mercado energético español, es preciso analizar la situación energética en el pasado y en la actualidad de España y de Europa. También es importante entender el marco regulatorio actual de producción de energía eléctrica, incidiendo especialmente en el estado de las energías renovables y en el régimen especial. Además, es necesario analizar el estado de la demanda energética y del consumo eléctrico español y mundial, así como analizar el peso de las diferentes tecnologías en el pasado y en el presente. Analizando también las perspectivas de futuro de las diferentes tecnologías aplicables en los sistemas de microgeneración.

No solo hay que mirar el mercado energético en números, en medidas de potencia y en porcentajes, sino que hay que destacar también sus brazos de influencia en otros aspectos de la sociedad como los puestos de trabajo que generan las tecnologías de Energías Renovables, tanto en la UE como en España, donde han ido creciendo en los últimos años de forma considerable.

El desarrollo de la microgeneración dentro del régimen especial, no solo favorece al mercado energético y a la conservación del medio ambiente, sino que también afecta a otros factores económicos y sociales, se tratará de explicar la influencia de la microgeneración en la economía española y los diferentes aspectos en los que puede influir el desarrollo de la microgeneración.

La crisis económica mundial ha influido considerablemente en la economía española, afectando al consumo eléctrico y al mercado energético mundial. Como consecuencia de la crisis económica ha disminuido la demanda y el consumo energético en España. Una vez superada la crisis económica y de empleo, se espera que el consumo eléctrico siga la línea de crecimiento que tenía antes de la crisis económica, con un aumento continuo de la demanda eléctrica gracias al desarrollo y al crecimiento económico del país.

Destaca también, a nivel mundial, el crecimiento tan grande de la demanda energética, impulsado sobre todo por dos potencias en desarrollo, China y la India, de las que se analizará su influencia en la situación energética actual y futura.

2.1 Conceptos previos

Para entender el concepto de microgeneración hay que explicar previamente qué es la Generación distribuida y el Régimen especial. Pero para entender estos términos, previamente hay que explicar qué son los sistemas de distribución y cuáles son sus características fundamentales.

Los **sistemas eléctricos de distribución** se encargan de transportar flujos de potencia desde un punto, generalmente subestaciones primarias, hacia los consumos finales. Están formados por subestaciones de distribución, redes de subtransmisión, alimentadores, subestaciones transformadoras y redes de baja tensión que son las que llegan al consumidor. Muchas veces, por el aumento de la demanda es necesario que las redes cambien continuamente, ya que las áreas de servicio cuentan con una capacidad nominal determinada y por lo tanto tienen límites.

La distribución se realiza en dos niveles de tensión, tensión media o baja tensión. La tensión se reduce de alta tensión a niveles de media tensión a través de las subestaciones, luego en las subestaciones secundarias los niveles de tensión se adaptan a las necesidades y a los niveles adecuados para el consumo. Además, en baja tensión hay diferentes tipos de cargas, que pueden ser monofásicas, bifásicas o trifásicas, ya que hay una mayor variedad en cuanto a la naturaleza de las conexiones.

En los últimos años se está liberalizando el mercado energético y se está produciendo una transformación tanto a nivel europeo como en España. Se puede decir que el sistema energético español está liberalizado. La **generación centralizada** es la generación eléctrica basada en grandes plantas eléctricas, conectándose los puntos de generación y de consumo mediante redes eléctricas de transporte. Los sistemas de generación eléctrica tradicionales están basados en la generación centralizada.

En la actualidad, se está modificando el sistema eléctrico, las instalaciones de generación eléctrica se están integrando en pequeñas instalaciones en redes de distribución de media y baja tensión, cercanas a los puntos de consumo. Denominada **generación distribuida o descentralizada**, consiste en el uso de pequeñas unidades de generación instaladas cerca del punto de consumo y conectadas al sistema de distribución eléctrica. Este cambio provoca problemas a la hora de la integración, debido a los problemas de conexión de estas redes a la red eléctrica pública y también debido a los obligados cambios legislativos y regulatorios, que son necesarios. De todas formas, hay diferentes definiciones de generación distribuida y los límites entre lo que es generación distribuida y generación centralizada no están muy claros en la legislación.

Es importante diferenciar entre generación distribuida y microgeneración. Hay diferentes instalaciones, además de la microgeneración, dentro de la generación distribuida, como las grandes plantas industriales de cogeneración. Por lo tanto, la microgeneración se incluye dentro de la generación distribuida. También existen instalaciones de baja potencia no conectadas a la red eléctrica, son instalaciones aisladas, que en el proyecto no se considerarán como instalaciones de microgeneración.

Se considera la **microgeneración** como la generación eléctrica de baja potencia, dentro del sistema de generación distribuida. Se encuentran diferentes definiciones con rangos muy diferentes de potencia entre sí. En el sistema legislativo español, no se

contemplan los rangos de potencia de estas instalaciones, por lo tanto, se consideran en este proyecto instalaciones de microgeneración aquellas que no superen 1MW de potencia y estén conectadas al sistema de distribución eléctrica.

Se toma 1 MW de potencia como máximo para instalaciones de microgeneración por considerarse adecuado para poder incluir instalaciones que puedan cubrir las demandas industriales, además de otras razones que se exponen en la memoria.

Por ejemplo, la Ley Energética de Reino Unido de 2004, define microgeneración como el uso de unidades de generación que utilicen únicamente: biomasa, biocombustibles, celdas de combustible, celdas fotovoltaicas, recursos hídricos o energía del viento para la generación de electricidad o para la producción de calor y que las instalaciones tengan una potencia máxima de 50 KW para la generación eléctrica y de 45 KW para la producción térmica.

La saturación de las redes de transporte y de distribución eléctrica, el beneficio medioambiental por la utilización de las energías renovables, el crecimiento de la demanda eléctrica y la dificultad en la instalación de nuevas plantas de producción eléctrica, favorecen el desarrollo de la microgeneración en España. Así como también lo favorece la necesidad de liberalización del mercado eléctrico español, permitiendo de esta forma la entrada de múltiples productores en el sector eléctrico.

Las instalaciones de producción eléctrica que se pueden acoger al **régimen especial** son el conjunto de los sistemas de generación eléctrica que se encuentran conectados al sistema de distribución, para poder consumir la instalación parte de esa generación y el resto se pueda incorporar a la red de distribución y que la potencia de los grupos tiene que ser menor de 50 MW. Por lo tanto, las instalaciones de microgeneración pueden acogerse al régimen especial, al estar conectadas a la red eléctrica y ser instalaciones de potencia menor de 50 MW. Una instalación de microgeneración puede acogerse al régimen especial o no acogerse, normalmente, todas las instalaciones de microgeneración están acogidas al régimen especial.

La producción de Energía eléctrica en Régimen Especial está acogida a un régimen económico singular. Mediante un programa de incentivos, en forma de subvenciones y primas, se facilitan las instalaciones basadas en tecnologías renovables y su retribución se diferencia de las instalaciones de mayor potencia eléctrica instalada.

El 27 de Noviembre de 1997 se publicó la Ley 54/97 del sector eléctrico. En esta ley se diferenció a los productores de energía eléctrica en régimen ordinario de los productores acogidos al régimen especial, que deberían tener una potencia instalada igual o menor a 50 MW. Se establecía para las instalaciones en régimen especial la posibilidad de incorporar sus excedentes de energía al sistema o participar directamente en el mercado de producción. Posteriormente se han publicado diferentes decretos sobre la planificación energética en España. Tiene especial relevancia el Real Decreto 661/2007 por el que se regula la generación eléctrica en régimen especial, este tema se abordará en el apartado 5 del marco legislativo energético.

En diferentes países se están tratando de crear las condiciones para que la microgeneración sea una alternativa para las fuentes de generación convencionales. En muchos países se está aumentando la utilización de la microgeneración, pero uno de los problemas con los que se están encontrando son la conexión a la red eléctrica o el alto costo inicial que supone la instalación de estos sistemas.

3. Situación y perspectivas energéticas

3.1 Cambios en el sistema energético mundial

Tradicionalmente, las fuentes de energía han estado basadas en los combustibles fósiles, como el carbón o el petróleo. La preocupación por el medioambiente ha sido uno de los puntos de partida por los que el mercado energético comenzó a cambiar, buscando fuentes de energía limpias y sostenibles. Por este motivo, las energías renovables llevan un tiempo centrando la investigación del sector energético y están aumentando su peso en el sistema energético mundial.

También, desde los años 70 y 80 empezó a surgir la preocupación por el suministro y el precio de la energía en el futuro, causado fundamentalmente por los precios del petróleo y por el aumento de la dificultad de suministro de los países tradicionalmente exportadores. Es necesaria una transformación gubernamental de las políticas energéticas a nivel mundial por el incremento del consumo energético, causado sobretodo por economías emergentes como China o la India.

Las energías renovables son aquellas que provienen de fuentes naturales inagotables, se las denomina energías limpias por la gran cantidad de energía que proporcionan y por su capacidad de regeneración. Tienen diferentes ventajas con respecto a las energías convencionales, entre las que destacan la reducción de la contaminación y de las emisiones atmosféricas.

Dentro de las energías renovables se incluyen la energía hidráulica, la energía solar, la energía eólica, la energía geotérmica, los residuos sólidos industriales y urbanos, las energías del mar, la biomasa, etc. Un problema de las energías renovables es la intermitencia en la disponibilidad de la fuente.

En los últimos años las tecnologías basadas en energías renovables están madurando mucho y están evolucionando y empezando a considerarse económicamente rentables. La implantación de las energías renovables está creciendo mucho a nivel mundial. En los últimos años, con el crecimiento de la demanda se ha incrementado también la generación eléctrica a través de las energías renovables, aunque todavía queda mucho camino que recorrer. Para el adecuado desarrollo de las energías renovables es necesario el apoyo público, hay diferentes tipos de ayudas, que pueden ser ayudas a la inversión, subvenciones, créditos a muy bajo interés, incentivos fiscales, primas por la generación mediante energías renovables, la reducción de impuestos por utilización de biocarburantes, etc.

Por lo tanto, el sistema energético mundial está intentando sustituir las fuentes de energía convencionales por fuentes de energía renovables, buscando que perjudiquen menos el medioambiente, y buscando también la sostenibilidad energética, la seguridad de suministro y unos costes energéticos menores mediante la investigación y cambios profundos sobre los sistemas energéticos y eléctricos mundiales.

3.2 Desarrollo de la situación energética mundial

Antes de abordar la situación de la demanda y el consumo, se explicarán las diferentes medidas y actuaciones que han ido influyendo en la implantación de las energías renovables a nivel mundial. Es importante analizar el desarrollo de la situación energética mundial, para entender todo el proceso de cambio energético y sus causas.

La **Agencia Internacional de la Energía (AIE)** ha estudiado las perspectivas energéticas hasta el año 2030 y concluyó que la tendencia actual de suministro y de consumo de energía es insostenible económica, social y medioambientalmente. Desde la AIE consideran necesaria una revolución energética a nivel mundial, por este motivo, la eficiencia y sostenibilidad energética han adquirido mucha importancia en la conciencia energética mundial. De esta revolución energética hablan en el “*World Energy Outlook*”, donde se comenta que manteniendo esta evolución, la demanda energética aumentará un 1,6% anual llegando en 2030 a un aumento del 45% respecto al año 2006. [1]

El crecimiento de la demanda energética mundial es constante, especialmente en los últimos años y los combustibles fósiles pueden asumir esa demanda por el momento. Los combustibles fósiles seguirán siendo la principal fuente de energía en el futuro.

En la Unión Europea ha disminuido el consumo de combustibles fósiles, en cambio, el consumo de combustibles fósiles sigue aumentando a nivel mundial, debido al principalmente al incremento de la demanda energética en China y en la India, países que tienen basado su sistema energético en el petróleo y en el carbón. Siendo la demanda del carbón la que experimente una mayor subida al ser la fuente energética más utilizada en China.

El problema más importante del petróleo es la incertidumbre de precios y costes de producción, porque muchos de los países suministradores de petróleo, gas natural y carbón están empezando a restringir estos suministros.

Por supuesto, este aumento de la demanda y del consumo energético, supondrá un incremento de las emisiones de CO₂ debidas sobretudo a países como China o India y de países no pertenecientes a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). Según estas previsiones, los países pertenecientes a la OCDE bajarán sus emisiones a partir del 2020 y de entre ellas, Europa y Japón, tendrán emisiones menores que en 2010 pero los países no pertenecientes a la OCDE incrementarán en gran medida sus emisiones atmosféricas. Para poder revertir la situación energética mundial es necesaria una gran inversión económica, para garantizar el suministro y disminuir las agresiones que se ejercen sobre el medioambiente.

De todas formas, aunque aumente el peso de las energías renovables, el gasto en petróleo seguirá siendo muy elevado. Según las previsiones del informe de la AIE, las energías renovables ocuparán el segundo puesto en peso en generación eléctrica mundial con un crecimiento continuado y la mayor parte del aumento de la producción mundial de petróleo procederá de los países de la OPEP.

En Octubre de 2008 tuvo lugar una conferencia internacional en la que se trató la creación de **IRENA, Agencia Internacional de Energías Renovables**, formada el 26 de Enero de 2009. IRENA será un mecanismo de ayuda para los Estados que lo soliciten y puede ayudar al crecimiento de las energías renovables.

El **protocolo de Kyoto**, firmado en 1997, es una de las claves internacionales para la concienciación sobre la necesidad de cambio del sistema energético mundial. El protocolo de Kyoto es un convenio sobre el cambio climático que ha entrado en vigor el 16 de Febrero de 2005. Sintetizando, consiste en reducir en un 5,2 % las emisiones de gases de efecto invernadero globales durante el periodo comprendido entre 2008 y 2012. Es el único mecanismo internacional para minimizar el impacto ambiental.

Muchas de las actuaciones que se marcan en el protocolo de Kyoto no se han cumplido, debido a diferentes posturas escépticas desde corporaciones vinculadas al sector energético y debido también a que diferentes países no lo han considerado necesario. Por eso, uno de los inconvenientes del protocolo de Kyoto es que no tiene capacidad sancionadora, que para que las pautas marcadas se cumplieran sería necesario.

La **Unión Europea** se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, respecto a los niveles de 1990, en un 8% entre 2008 y 2012. [2]

El mundo de la energía se reunió a finales de 2007 en Roma para celebrar la **XX Edición de su Congreso Mundial**, donde se analizaron los principales factores que condicionarán la evolución del sector en los próximos años, y de donde surgieron varias conclusiones:

- Se ha reconocido el impacto de la actividad energética sobre el medio ambiente y se ha decidido que se debe actuar y tomar medidas adecuadas para mitigar su efecto. Se debe perseguir reducir las emisiones, incorporando mecanismos de precios para esas emisiones.
- Se requiere un nivel de cooperación a nivel internacional, los países desarrollados deben trabajar de forma conjunta con otras economías emergentes como Brasil, Rusia, India y China.
- Incorporación de nuevas tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂.
- Necesidad de unas decisiones adecuadas ya que los periodos de maduración de las inversiones son a largo plazo.

La **Cumbre sobre Cambio Climático de Bali** ha puesto de manifiesto la preocupación por el medioambiente y el reconocimiento por parte de las naciones de la necesidad de una respuesta mundial a este tema es un paso importante.

Inciendiando en las emisiones que se producen en el estado español se han hecho diferentes publicaciones legislativas a nivel nacional. Pero desde la Unión Europea, en la **Directiva 2001/81/CE**, que es la directiva de Techos Nacionales de Emisión de la Unión Europea, se establecen los techos máximos de emisión para las emisiones totales que deberán cumplir los Estados miembros a partir del año 2010. Los estados deben elaborar programas para la reducción de los contaminantes, y deben preparar y actualizar, al final de cada año, los inventarios y proyecciones de las emisiones.

En la Unión Europea, están instando a todos los ciudadanos a apostar por las energías limpias y por este motivo también se creó el programa de Energía Inteligente.

La **IEE (Intelligence Energy-Europe)** es el instrumento comunitario para hacer frente a factores como la eliminación de las barreras del mercado energético, al cambio del comportamiento energético, a la motivación y al fomento de la educación y de la formación con vistas a una energía limpia. También, pretende la creación de un entorno empresarial más favorable para la eficiencia energética y los mercados de las energías renovables, así como tener un sistema con el que facilitar el conocimiento de las políticas energéticas europeas. En definitiva, es un instrumento de concienciación energética, que incidirá en la necesidad de una energía limpia, sostenible y más eficiente.

Durante el consejo Europeo de Diciembre de 2008, se aprobó el **Paquete de Energía y Cambio Climático**. Este plan se puede resumir en cinco puntos:

- Diversificar los suministros, como por ejemplo los de gas natural, con nuevas conexiones.
- Unificar la fuerza de la Unión Europea en relaciones externas para que haya coordinación en los miembros de la UE.
- Revisión de la normativa de la UE sobre reservas estratégicas de petróleo y gas, para ser coherente con la Agencia Internacional de Energía.
- Revisión de la eficiencia energética, del diseño ecológico.
- Optimización del uso de los recursos energéticos autóctonos.

Los países miembros se comprometían a cubrir un 20% del consumo de energía de la UE con fuentes de energía renovable. Este porcentaje se ha distribuido en función de las condiciones de cada país, a España le ha correspondido exactamente el 20% del reparto. [3] Por lo tanto, resumiendo toda esta información y analizando los puntos básicos que en la Unión Europea se han marcado varios objetivos ambiciosos:

- Reducir el carbono en el abastecimiento de electricidad.
- Poner fin a la dependencia del petróleo en el sector transporte.
- Aumentar el número de edificios que produzcan y consuman menos energía.
- Una red eléctrica interconectada.
- Promover un sistema energético muy eficiente y con bajas emisiones.

Cada país se ha comprometido a comunicar a la Comisión Europea un Plan de Acción Nacional (PAN), antes de Julio de 2010, con las medidas previstas para cumplir con todos los objetivos propuestos. Este Plan se explicará en el apartado 4.3.2.2 del PANER, es un Plan que ha adquirido mucha importancia a nivel europeo y va a marcar el futuro energético de la Unión Europea. Estas medidas se revisarán si es requerido e incluso se pueden producir sanciones si algún país incumple los objetivos marcados.

Existen mecanismos de flexibilidad para todos los países miembros de la UE, que se han realizado para poder cumplir a nivel global los objetivos de cada país:

“Además de establecer las medidas nacionales para el fomento de las energías renovables que considere oportunas, los estados miembro podrán utilizar una serie de mecanismos de cooperación:

- Transferencias estadísticas: un Estado miembro puede comprar producción a otro Estado (no de un modo físico, sino sólo estadístico) para el cumplimiento de sus objetivos.

- Proyectos conjuntos: se puede establecer un marco entre dos estados, mediante el cual un Estado apoya proyectos concretos de nueva generación renovable en el otro Estado miembro, concretando previamente el tipo de apoyo y el reparto de producción que podrá contabilizar cada país. Este mecanismo también puede aplicarse a proyectos en terceros países, siempre que

la energía sea consumida en la UE. En el caso de que no exista interconexión suficiente, pero se prevea la construcción de una (antes de 2022, pero debe comenzarse antes de 2016) también se puede contabilizar, aunque no se consuma en la UE.

- Mecanismos de apoyo conjunto: Varios países pueden diseñar y poner en práctica un mecanismo conjunto de apoyo a las renovables, como un mercado común de certificados verdes o una tarifa regulada común para la electricidad de origen renovable.”[3]

En España también se han desarrollado diferentes actividades y planes de acción, para facilitar el ahorro y la eficiencia energética en las estrategias nacionales, que son un reflejo de las directivas y acciones que se han ido promoviendo desde la UE. Estos informes y análisis se analizan posteriormente.

En el año 2003 se aprobó la **Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética (E4)** y sobre esta estrategia se concretó un Plan de Acción para el periodo 2005-2007, del que destaca el gran avance en la gestión de fondos públicos, con la participación de todas las Comunidades Autónomas, en el que se adoptaron muchas medidas.

También es importante comentar el **Plan de acción 2008-2012** que fue publicado en Julio de 2007, como continuación del Plan anterior. Se consideró que este Plan constituyó una aportación muy importante para el desarrollo sostenible de nuestro país, ya que permitía compatibilizar y estimular el crecimiento económico, la protección medioambiental y el progreso social. Con este Plan se pretendía fundamentalmente mejorar la eficiencia energética, con diferentes medidas en múltiples sectores y con el apoyo fundamental de diferentes medidas legislativas.

Las diferentes medidas que se han ido tomando, los planes energéticos, las conferencias internacionales, el protocolo de Kyoto, los cambios legislativos y normativos, los objetivos marcados, etc., están ayudando mucho al cambio de la situación energética mundial. En la Unión Europea hay un compromiso para modificar el sistema energético europeo, y tanto en Europa como en España se están llevando a cabo diferentes medidas para alcanzar los objetivos marcados.

Todos estos cambios van a afectar a la situación de la microgeneración, porque es necesaria su participación para que este cambio de la situación energética mundial se produzca. Además, dentro de los objetivos del cambio de la situación energética mundial está la liberalización de los mercados de energía y el incremento de la microgeneración es un mecanismo que facilitará la liberalización, además de las ventajas medioambientales y las ventajas del uso de sistemas energéticos autóctonos basados en tecnologías renovables.

4. Estado del uso energético

4.1 Situación actual de la energía de nuestro entorno

Los mercados energéticos en las últimas décadas están siendo sometidos a continuos cambios legislativos, se están produciendo múltiples estudios para mejorar también la rentabilidad de las tecnologías y favorecer la conservación medioambiental.

Es importante resaltar la dependencia energética de la Unión Europea del exterior, que actualmente se encuentra en el 53% de media. En los últimos años miran con preocupación como están aumentando las importaciones energéticas a medida que aumenta el consumo. La dependencia española del exterior es de casi el 80%, muy por encima de la media de la Unión Europea. [2]

Conviene destacar la posición de Dinamarca en relación a las importaciones energéticas, siendo un país de saldo neto exportador. Éste debería ser el objetivo de la Unión Europea, si bien es cierto, es muy ambicioso. La dependencia energética española es muy elevada. Las importaciones energéticas deberían ser muy inferiores, estas importaciones de energía primaria afectan indirectamente a la producción eléctrica, ya que para la producción eléctrica son necesarios los combustibles importados.

El crecimiento del consumo energético en Asia-Pacífico es muy elevado, además, el peso de estos países sobre el consumo energético mundial ha crecido muchísimo en las últimas décadas y ha terminado por colocarse a la cabeza del consumo energético mundial de los últimos años. En cuanto al crecimiento de la demanda energética de los países de la OCDE, son los países europeos los que han tenido menores registros.

En la tabla 1 se puede observar el peso que ha adquirido China en el consumo energético mundial, siendo la segunda potencia mundial en este aspecto. Además, el consumo energético en China continuará creciendo en los próximos años. También se puede ver el peso del carbón en la India y en China, que tiene un valor muy superior al de los demás países, en los que (en la mayoría) el mayor peso energético cae sobre el petróleo. Llama también la atención el peso del gas natural en Rusia, que supera el 50% de su consumo, también el 38% de la energía nuclear en Francia y el 39% de la hidroeléctrica en Brasil, aunque inferior en este caso al consumo de petróleo.

%	Petróleo	Gas	Carbón	Nuclear	Hidroeléc.	Total(MMTPE)
EEUU	38.6	27.0	22.8	8.7	2.9	2182
China	18.6	3.7	70.6	0.7	6.4	2177
Rusia	19.7	55.2	13.1	5.8	6.3	635
India	31.7	10.0	52.4	0.8	5.1	469
Japón	42.6	17.0	23.4	13.4	3.6	464
Canadá	30.4	26.7	8.3	6.4	28.3	319
Alemania	39.3	24.2	24.5	10.5	1.4	290
Francia	36.2	15.9	4.2	38.4	5.4	242
Corea del Sur	43.8	12.8	28.8	14.0	0.3	238
Brasil	46.2	8.1	5.2	1.3	39.2	226
Resto	42.2	32.3	15.7	3.1	6.7	3923
Total	34.8	23.8	29.4	5.5	6.6	11164

Tabla 1. Distribución mundial del consumo energético en 2009. Fuente: BP

La totalidad de los incrementos de las emisiones hasta el año 2030 provendrá de los países no pertenecientes a la OCDE, tres cuartas partes procederán de China, de la India y de Oriente Medio. En cambio, en los países pertenecientes a la OCDE las emisiones disminuirán, debido al descenso de la demanda y también al crecimiento de la energía nuclear y de las energías renovables en estos países.

En la UE la liberalización del mercado energético. Se marca aún más, de esta forma, la importancia de la eficiencia energética, se abre un camino a un mercado libre, un mercado en el que haya una competencia activa y cuyo crecimiento tenga lugar en un ámbito de desarrollo sostenible. Se puede analizar como indicador de la eficiencia la intensidad energética que se define normalmente como el consumo de energía, primaria o final, por unidad de Producto Interior Bruto (PIB).

Si la intensidad energética disminuye a lo largo del tiempo significa que para generar una unidad de riqueza se necesita un consumo menor de energía, por eso si la intensidad energética sigue una línea decreciente se habla de mejora. Los países de la OCDE han mejorado la eficiencia cerca del 1% anual desde 1990, mientras que en los países no pertenecientes a la OCDE se registró una evolución negativa. Desde 1990, en la Unión Europea está mejorando la eficiencia energética, siendo este uno de los objetivos energéticos que se han propuesto, porque además, la eficiencia energética también es importante para la reducción de las emisiones, y por eso actualmente se busca la posibilidad de instalaciones lo más eficientes posibles. [4]

Gracias a la implantación de las energías renovables y al esfuerzo de la Unión Europea por una energía más eficiente, las emisiones en la Europa de los 27 se han reducido en 2008 y 2009 del orden del 4% respecto del año anterior. En la ilustración 1 se puede observar la evolución de las emisiones atmosféricas y como en España, desde el 2007, se han visto fuertemente reducidas, aunque como punto negativo cabe destacar lo lejos que estamos de la media de la EU-15. [4]

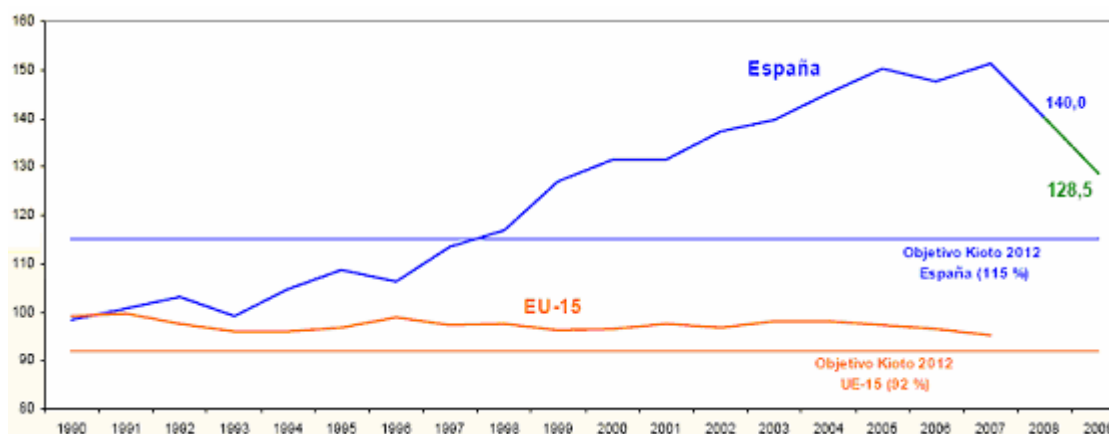


Ilustración 1. Emisiones totales de gases de efecto invernadero. Fuente: Eurostat

Es un error recortar gastos e inversión en investigación, avance y desarrollo. La crisis económica ha afectado profundamente el consumo y la demanda eléctrica en el 2009, desde 1981 es la primera vez que el consumo mundial de energía ha disminuido. Por otro lado, se están facilitando inversiones mediante reducción de impuestos, para promocionar de esta forma las energías renovables.

La inversión mundial en energía se ha reducido considerablemente por las condiciones financieras actuales, muchos proyectos se han retrasado y ralentizado,

incluso hay dudas de poder afrontar las inversiones necesarias para los suministros de energía necesarios, diferentes empresas están disminuyendo sus investigaciones y el desarrollo de nuevas tecnologías, también se han retrasado muchos proyectos e incluso algunos de ellos se han cancelado. Otro problema es que las condiciones de financiación también se han debilitado. Se espera que con las políticas actuales la tendencia energética podría revertirse y crecerá en cuanto empiece la recuperación económica.

Las energías renovables y su crecimiento han adquirido una importancia muy elevada y el objetivo de muchos países es conseguir el crecimiento de su peso dentro de sus mercados energéticos. En Europa se están produciendo cambios legislativos, normativos y regulatorios para la liberalización del mercado, para que las energías renovables puedan competir en igualdad de condiciones con las demás tecnologías que llevan años asentadas en el mercado y para ayudar al desarrollo y a la implantación de los sistemas de microgeneración. De todas formas, el crecimiento de la microgeneración está profundamente ligado al crecimiento de las energías renovables.

4.2 Situación actual de la energía en España

En las tres últimas décadas la demanda energética española ha seguido una línea progresiva al alza, debido en parte al incremento del poder adquisitivo y también al mayor equipamiento doméstico y automovilístico, así como al desarrollo de diversos sectores como el de la construcción. En los dos últimos años se observa una tendencia contraria, debido principalmente a la crisis económica que se está viviendo, afectando a prácticamente todo los sectores económicos y que afecta directamente a la demanda energética española. La demanda en España en 2009 fue un 4,3% inferior a la del 2008 con los efectos de la laboralidad y la temperatura corregidos. [5]

La estructura de consumo energético ha estado dominada durante años por la presencia del petróleo importado. El grado de autoabastecimiento es la relación entre la producción interior y el consumo total de energía, está creciendo y se ha situado en España en un 23% en el 2009 como se puede ver en la ilustración 2. Gracias al aumento de la producción de energías renovables en España se ha podido aumentar el grado de autoabastecimiento, que todavía es bajo.

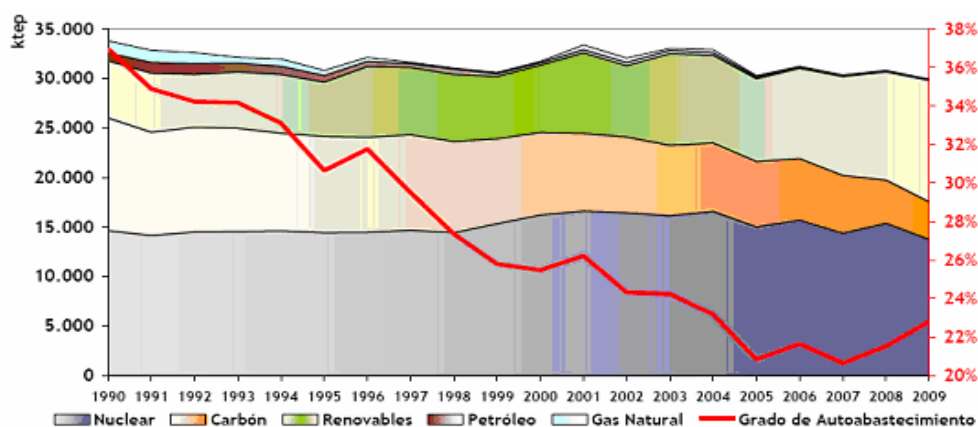


Ilustración 2. Evolución de la Producción Interior de Energía y Grado de Autoabastecimiento. [6]

El consumo de energía primaria en España ha descendido en los dos últimos años. Ha tenido influencia En el cambio del consumo de la energía primaria la energía

final y el cambio estructural de la energía eléctrica de los últimos años, aumentando la producción eléctrica mediante energía renovable. Desde el año 1990, como se puede ver en la ilustración 3, el consumo de energía primaria ha disminuido desde el año 2007, sobretodo se puede ver ese decremento en el consumo de carbón.

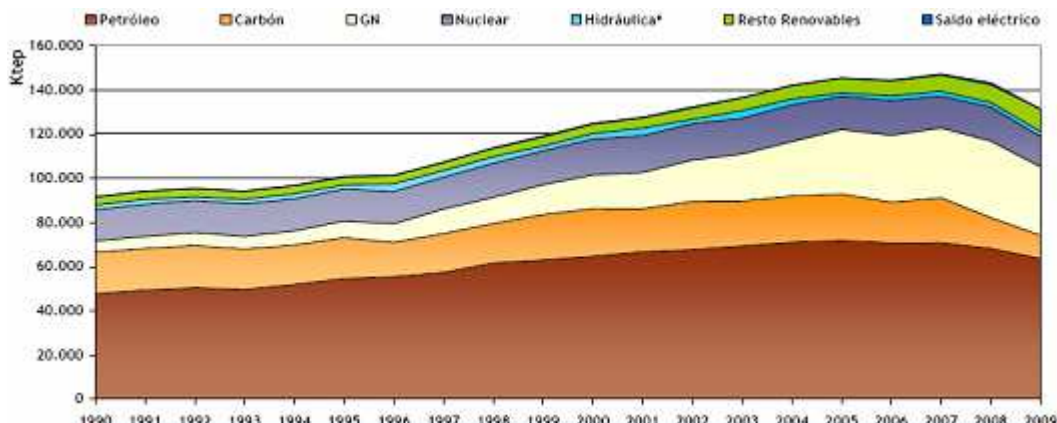


Ilustración 3. Evolución del consumo de energía primaria [6]

Esta tendencia observada, no se puede tomar ni considerar como la tendencia que tendrá lugar en los próximos años, ya que se prevé que en los próximos años el consumo energético continuará creciendo, una vez se supere este periodo de crisis, aunque se espera que este crecimiento sea sostenible y más eficiente. En la ilustración 4 se puede ver el consumo de energía primaria de los años 2003 y 2009 separada por tipo.

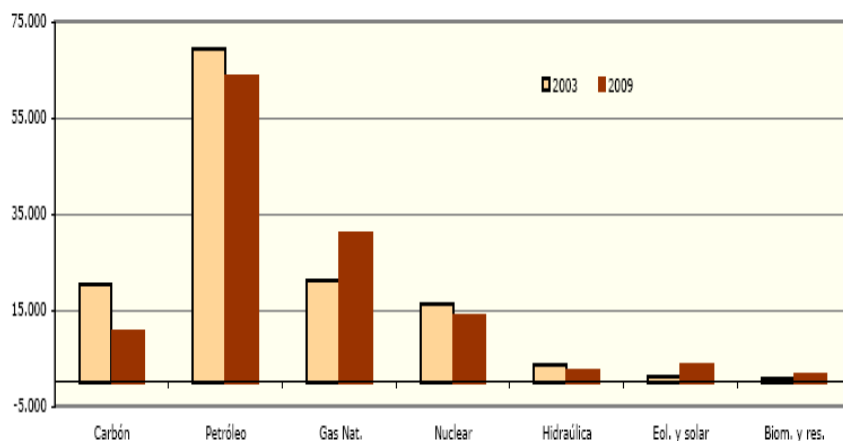


Ilustración 4. Consumo de Energía Primaria por tipo. Miles de tep. [2]

En el 2009 se observa la disminución del peso del petróleo y especialmente del carbón con respecto al 2003. Destaca también el crecimiento del gas natural que han ganado mucho peso, y también han crecido, pero en menor medida, las energías renovables, provocando la diversificación energética que necesitaba el sistema energético español. También se puede ver la disminución del consumo de energía final a partir de la energía nuclear. Respecto a las fuentes renovables destaca el crecimiento de la solar y la eólica en los últimos años, que permiten así mismo mejorar la eficiencia energética en España.

En la ilustración 5, se puede observar como el consumo de energía final ha descendido progresivamente desde el año 2007, relacionado íntimamente con el

consumo de energía primaria. Para poder analizar este gráfico es necesario entender bien el concepto de consumo de energía primaria y el concepto de consumo de energía final.

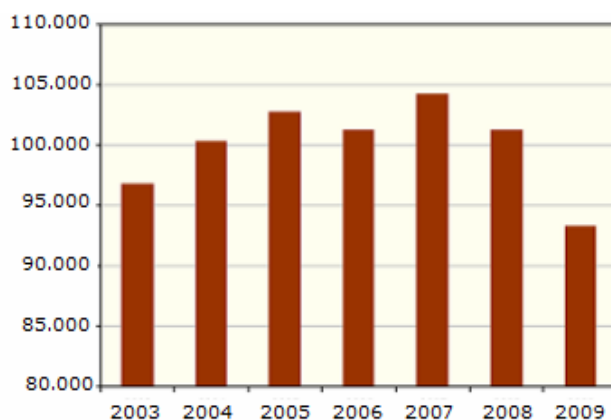


Ilustración 5. Evolución de consumo de energía final. Miles de tep. [2]

La energía primaria es aquella que se obtiene directamente de la naturaleza y no ha sido sometida a ningún proceso de conversión. La energía final es aquella suministrada al consumidor para ser utilizada de diversas formas. El sector energético parte de las energías primarias y, a través de sus tecnologías, las convierte en energías finales, disponibles en el mercado en forma de carburantes, combustibles, electricidad y calor.

A continuación, se muestra en la ilustración 6 la intensidad energética de España comparada con la intensidad primaria de la UE-15.

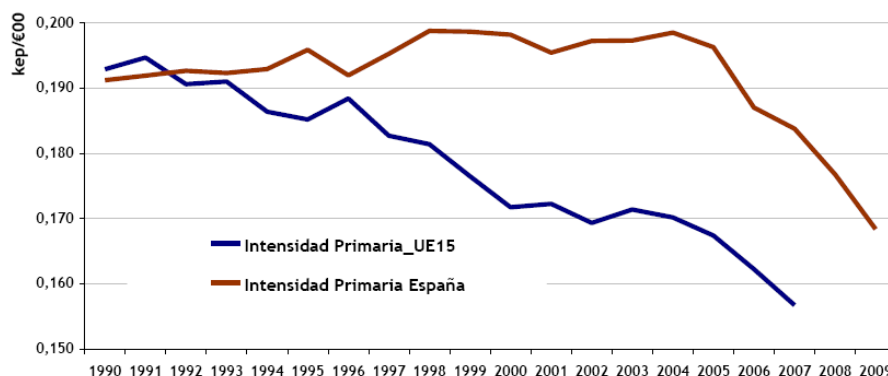
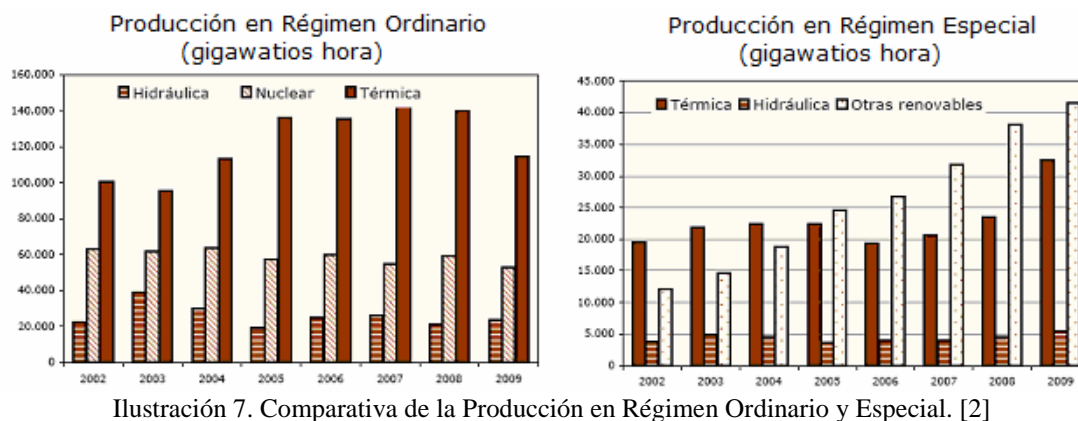


Ilustración 6. Evolución de la intensidad energética primaria en España y la UE-15. [6]

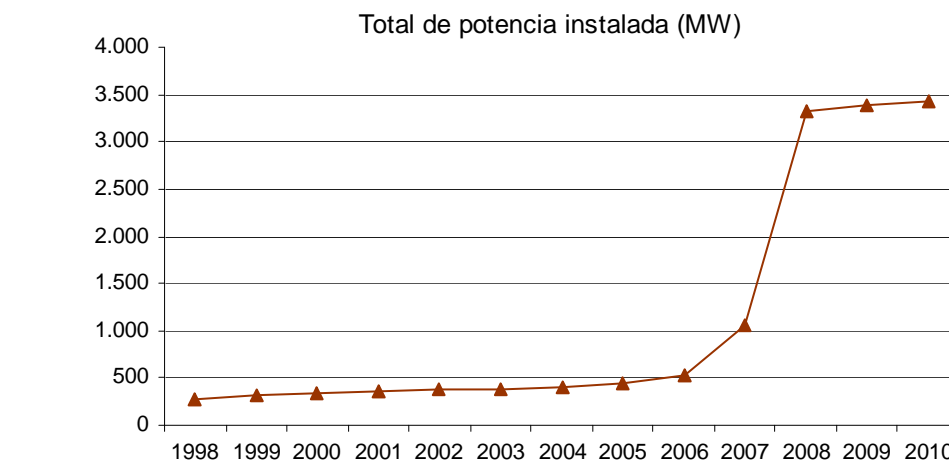
Comparando la intensidad energética de España con otros países podemos observar que la eficiencia energética en España sigue la misma línea, aunque con mayor lentitud, que los demás países de la UE hacia una mejora clara de la eficiencia. Es uno de los aspectos con mayor margen de mejora en España y se considera que se debe hacer un esfuerzo por la mejora de la eficiencia y ésta es un valor muy importante. Una de las posibilidades de mejora en este aspecto es la renovación del parque energético mediante diferentes planes de ayuda ciudadana para la reducción del consumo energético.

La producción en Régimen Ordinario y en Régimen Especial se observa en la ilustración 7, la producción eléctrica en régimen especial esta en continuo crecimiento, incluso en el año 2009, tendencia que sigue la línea marcada por la comisión europea y que sigue la tendencia prevista después de los continuos cambios legislativos que se han llevado a cabo para revertir la situación energética de España.



El régimen especial ha aumentado su producción en un 18,3%, un crecimiento muy elevado, mientras que el régimen ordinario ha disminuido en un 12,7% respecto al 2008, disminuyendo progresivamente desde el 2005 la producción del carbón. La producción en energía primaria aumentó en 2008 en nuclear y renovables, mientras que en hidráulica y fuentes fósiles ha disminuido.

Hay que tener en cuenta que no todas las instalaciones acogidas al régimen especial son instalaciones de microgeneración al ser de potencia superior a 1 MW



En la ilustración 8 se observa el crecimiento de la potencia instalada de microgeneración acogida al régimen especial, crecimiento especialmente acusado a partir del año 2007, año de Real Decreto 661/2007. Se espera que en los próximos años este crecimiento continúe y sea aún más acentuado una vez superada la crisis económica en la que está sumergido el estado español. En los datos incluidos en la ilustración 8 se encuentran los datos de las diferentes tecnologías utilizadas dentro de los sistemas de microgeneración en España actualizados a fecha de agosto de 2010.

En el 2009 las energías renovables han seguido creciendo, como también han seguido decreciendo en fuentes fósiles, en cambio para el año 2009 la nuclear ha decrecido en gran medida y la producción de hidráulica se ha incrementado tanto en régimen especial como en régimen ordinario. Como se ha venido comentando, las energías renovables han evolucionado plasmándose en un crecimiento del peso dentro del sistema energético. Esta situación se ha visto reflejada sobretodo desde el 2005.

En la ilustración 9 y 10 se puede observar el consumo de energía primaria y la producción eléctrica, respectivamente, separadas por fuentes energéticas.

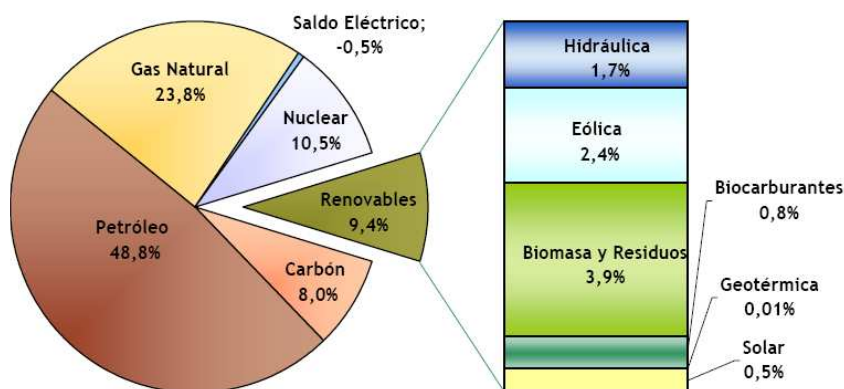


Ilustración 9. Consumo de Energía Primaria. 2009. [6]

En el año 2009, las energías renovables han supuesto el 9,4% del abastecimiento de energía primaria, y ha superado el 12% en términos de energía final bruta. Destaca el peso de la biomasa y la eólica dentro de las diferentes fuentes renovables.

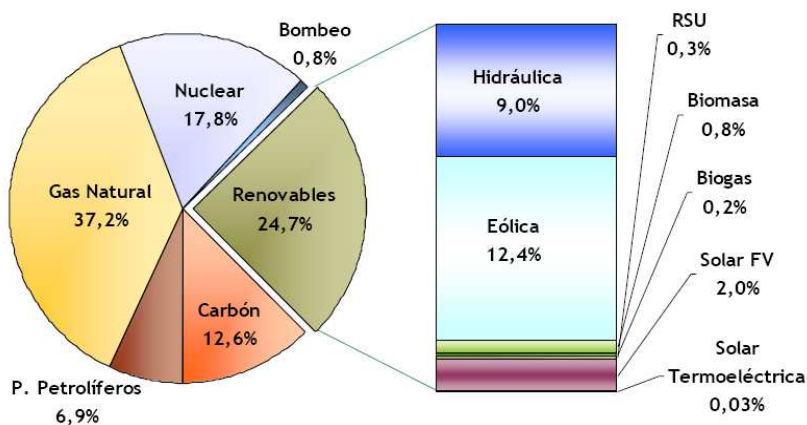


Ilustración 10. Producción eléctrica según Fuentes. 2009. [6]

La producción eléctrica de origen renovable se ha estabilizado también en los últimos años, desde el año 2005, ha experimentado un incremento mayor del 40%, alcanzando en el 2009 casi el 25% de la producción eléctrica bruta de España. Hay que destacar que en el año 2008, por primera vez en la historia, las energías renovables superaron al carbón como fuente de electricidad. [6]

En los últimos años en España se está tratando de dar un impulso muy grande a las energías renovables, se realizó por ejemplo el plan de energías renovables 2005-

2010, cuyo objetivo para el año 2010 era cubrir con energías renovables el 12% del consumo total de energía.

En la siguiente ilustración se puede observar el crecimiento de las energías renovables dentro de la generación eléctrica entre los años 2002 y 2008.

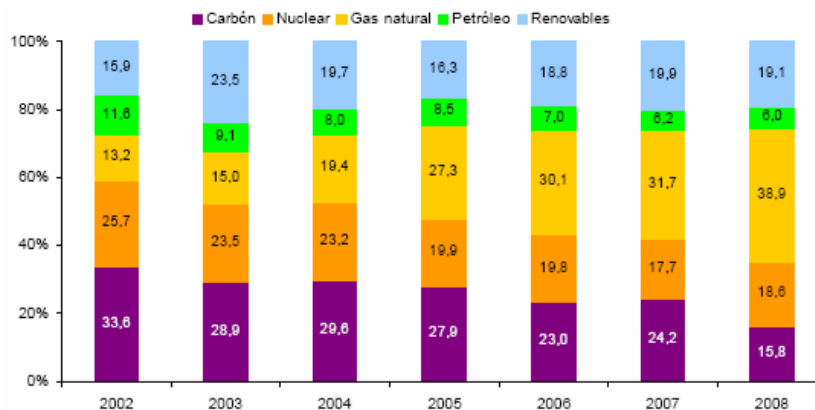


Ilustración 11. Estructura de la generación eléctrica en España. [8]

Sin entrar mucho en detalle, ya en el año 2007 en energía eólica se había cumplido el 57% del objetivo marcado para el año 2010 y en energía solar en el año 2007 ya se había sobrepasado el objetivo para el año 2010, las demás tecnologías no habían conseguido alcanzar los objetivos del 2007, en el conjunto, para el año 2007 se llegó a un 50,7% del objetivo. [9]

El Plan de Energías Renovables 2005-2010 ha sido un éxito, ya que ha terminado de transformar el sistema energético español y ha situado a España como líder a nivel internacional en muchos segmentos energéticos, este éxito se va a intentar observar en los siguientes apartados, analizando de forma más específica las energías renovables en España.

4.3 Las energías renovables en España

El desarrollo de las energías renovables en España es fundamental por no tener reservas propias de gas y petróleo y por la necesidad de reducir la dependencia energética del exterior, aspecto que ha ido mejorando, pero que como se ha comentado necesita seguir con esta evolución. [10]

También es importante la dimensión medioambiental de las energías renovables, sus posibilidades de adaptación a la generación distribuida y a los beneficios sociales y económicos como la creación de puestos de trabajo.

Diferentes análisis sobre el sistema energético español indican que las energías renovables ofrecen beneficios positivos. Suponen un gasto elevado y unos costes mayores, pero a largo plazo los beneficios futuros justifican el gasto y también justifican el marco regulatorio de apoyo a las energías renovables, que es necesario para garantizar su implantación y crecimiento. Durante el 2009 las energías renovables supusieron el 25% de la generación eléctrica total, como se ha visto en la ilustración 10. Este es un resultado muy positivo en relación al interés por incrementar su peso en la generación eléctrica, ocupando de esta forma una posición de peso importante.

El Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 estableció para el año 2010 como objetivo global mínimo de energías renovables del 12% y el objetivo indicativo mínimo del 29,4% sobre el consumo bruto de electricidad en 2010, fijado para España por la Directiva 2001/77/CE. [11]

Son múltiples los planes en los que se ha declarado la intención de incrementar el peso de las energías renovables en el sistema energético español y con el paso de los años son más ambiciosos los objetivos para el desarrollo de las tecnologías renovables.

4.3.1 Estructura del mercado de las energías renovables

Las energías renovables se han convertido en un elemento muy importante en el sector energético español, ya no son un elemento más, sino un elemento primordial. Por este motivo, y después de su consolidación, deben adaptarse las medidas de apoyo y la conducta de los diferentes agentes implicados. La estructura del sector eléctrico está diferenciada entre el Régimen Ordinario y el Régimen Especial.

En la Península Ibérica tiene lugar el mercado Spot de la electricidad, que consiste en un mercado a corto plazo, es de carácter marginalista y retribuye por igual a todas las instalaciones. Los desvíos de la red son penalizados, y este es un factor que perjudica en especial a las tecnologías renovables por su dificultad en la previsión. [10]

Los desvíos son un problema importante de los productores de energías renovables, tienen lugar por la diferencia entre la producción real y la producción vendida y programada. Los productores de energía eléctrica de origen renovable deben soportar el coste de los desvíos. El problema de los desvíos es que en casos como el de la energía eólica es difícil llevar a cabo la previsión de la producción de cada instalación, una de las soluciones es la agrupación de muchas instalaciones a la hora de acudir al mercado para poder asumir de esta forma los costes de los desvíos.

4.3.2 Previsión para el futuro de las energías renovables

En la actualidad está en proceso de elaboración el Plan de Energías Renovables 2011-2020, se prevé que para el año 2020 la participación de las energías renovables será del 22,7% sobre la energía final y del 42,3% sobre generación eléctrica. Se amplía la información en este apartado sobre este Plan y sobre el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020.

La aportación de las energías renovables al consumo final bruto de energía en España se estima en un 22,7%, como se comentaba en el apartado sobre la situación energética mundial. Esta estimación sería casi 3 puntos superior al objetivo fijado obligatorio por la Unión Europea. [8]

A continuación, se van a analizar dos Planificaciones previstas, muy interesantes para comprender el futuro del consumo energético y la posición en la que se situará España de cara al compromiso con la eficiencia energética, al crecimiento de las energías renovables y al conjunto de medidas que se irán implantando. En especial se desarrollará el documento del PANER ya que abarca muchos ámbitos que interesan de cara al futuro del sistema eléctrico español como las diferentes tecnologías, el crecimiento de las energías renovables, las medidas administrativas y fiscales, y también, la normativa propuesta y aplicada para el crecimiento y la implantación de las energías renovables.

4.3.2.1 Plan de energías renovables 2011-2020

El Plan de energías renovables 2011-2020 es conocido como PER 2011-2020, y está previsto, en el Real Decreto 661/2007. Este Real Decreto ha acaparado mucha importancia en el sector energético español, ya que trata de regular el régimen especial dentro del mercado energético, por lo tanto es de especial relevancia en este proyecto. Se prevé la aprobación del PER 2011-2020 para finales del 2010.

Como se ha comentado antes está en proceso de elaboración, para lo que se está teniendo en cuenta la evolución del consumo en España, la subida de precios del petróleo, la intensificación de los planes de ahorro y eficiencia energética.

Extrayendo del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía:

“Las conclusiones principales del informe notificado a la Comisión Europea son las siguientes:

- En una primera estimación, la aportación de las energías renovables al consumo final bruto de energía sería del 22,7% en 2020—frente a un objetivo para España del 20% en 2020—, equivalente a unos excedentes de energía renovable de aproximadamente de 2,7 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep).*
- Como estimación intermedia, se prevé que en el año 2012 la participación de las energías renovables sea del 15,5% (frente al valor orientativo previsto en la trayectoria indicativa del 11,0%) y en 2016 del 18,8% (frente a al 13,8% previsto en la trayectoria).*
- El mayor desarrollo de las fuentes renovables en España corresponde a las áreas de generación eléctrica, con una previsión de la contribución de las energías renovables a la generación bruta de electricidad del 42,3% en 2020.” [8]*

En la tabla 2 y en la tabla 3 se puede observar el consumo final de energías renovables y su aportación en el consumo de energía final, donde podemos ver el crecimiento que se pretende, que es bastante elevado y si se cumple España dará un paso adelante aumentando significativamente el peso de las energías renovables en la generación eléctrica.

CONSUMO FINAL DE ENERGÍAS	2008	2012	2016	2020
Energías renovables para generación eléctrica	5.342	8.477	10.682	13.495
Energías renovables para calefacción/refrigeración	3.633	3.955	4.740	5.618
Energías renovables en transporte	601	2.073	2.786	3.500
Total en Renovables en ktep	9.576	14.504	18.208	22.613
Total en Renovables según Directiva	10.687	14.505	17.983	22.382

Tabla 2. Consumo final de Energías renovables [8]

Es importante fijarse en el peso de las energías renovables en la tabla 3, que si se cumple subiría 12 puntos desde el año 2008 al año 2020.

CONSUMO DE ENERGÍA FINAL (ktep)	2008	2012	2016	2020
Consumo de energía bruta final	101.918	93.321	95.826	98.677
% Energías Renovables/Energía Final	10.5%	15.5%	18.8%	22.7%

Tabla 3. Consumo de energía final [8]

Esta planificación no es definitiva y está todavía en proceso de elaboración, pero es interesante poder contemplar diferentes planes e ideas para analizar la posible situación energética de España en los próximos años y el así entender la preocupación por la producción energética y el interés por el crecimiento de las energías renovables dentro de sistema eléctrico español.

4.3.2.2 Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020

El Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER), da respuesta a la directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y a los planes de acción nacionales de energías renovables de la Comisión Europea.

La estrategia que se ha llevado a cabo es:

- Una política energética dirigida a la liberalización y el fomento de la transparencia en los mercados como paso para la eficiencia energética
- El desarrollo de las infraestructuras energéticas que refuerza la seguridad y diversifica las fuentes de suministro energético
- La promoción de las energías renovables.
- El ahorro y la eficiencia energética, que es un instrumento fundamental, ya que implica producir la misma energía consumiendo menos mediante métodos más productivos. Estos esfuerzos han supuesto un descenso de la intensidad energética final en un 13% en los últimos 5 años. [6]

La situación energética de España, por la presencia del petróleo y sus derivados en el consumo de energía primaria, que es superior a la media europea, por la baja producción interior de energía centrada en energías renovables y en la energía nuclear y por la escasa contribución del carbón nacional da lugar a una elevada dependencia energética del exterior.

En el PANER se han elaborado dos escenarios diferentes de consumo energético, que se diferencian entre sí principalmente en las medidas de ahorro y eficiencia energética. El consumo de energías renovables es igual en los dos escenarios. Sin embargo, en el primer escenario, se aplican las medidas de eficiencia tomadas en los planes nacionales hasta 2009 y a partir del 2009 no se incorpora ninguna medida de eficiencia adicional en el periodo 2010-2020. El segundo, en cambio, sí que incorpora muchas medidas de eficiencia y se denomina escenario de eficiencia.

Objetivos del plan

Los objetivos globales nacionales para la cuota de energía obtenida de las fuentes renovables en el consumo bruto se pueden analizar en la siguiente tabla.

Cuota de energía de fuentes renovables en consumo de energía final bruta en 2005.	8,7%
Objetivo para la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía final bruta en 2020.	20%
Consumo de energía total previsto en valor corregido en 2020 (ktep).	97.041
Cantidad de energía prevista procedente de fuentes renovables correspondientes al objetivo 2020.	19.408

Tabla 4. Objetivos globales nacionales para la cuota de energía. [6]

Hay otra estimación realizada que indica que se podría alcanzar, si se cumplen las condiciones adecuadas, a una aportación de las energías renovables al consumo final bruto de energía del 22,7% en el año 2020, como ya se ha comentado anteriormente en la memoria de este proyecto. De esta forma, se conseguirían excedentes de energías renovables, para los que se podrían aprovechar los mecanismos de flexibilidad previstos en la Directiva, y que dan mayor importancia a aumentar el desarrollo de las interconexiones eléctricas de España con el sistema eléctrico europeo. [12]

Escenario de referencia

En la siguiente tabla se puede ver el consumo de Energía Primaria del escenario de referencia, se prevé un crecimiento del 20% en 2020 respecto al 2010, destacando en primer lugar la evolución de las energías renovables, pasando de una contribución del 11% al 18% en 2020. Y también, en segundo lugar, la evolución del gas natural con un incremento acumulado del 40%.

Ktep	2005	2010	2015	2020
Carbón	21.183	9.198	10.641	10.533
Petróleo	71.765	60.594	58.132	59.360
Gas Natural	29.116	32.314	38.402	45.141
Nuclear	14.995	14.594	14.490	14.490
Energías Renovables	8.371	13.966	19.798	28.095
Saldo Electr (Imp-Exp)	-116	-688	-688	-688
Total energía primaria	145.314	129.978	140.775	156.930

Tabla 5. Consumo de Energía Primaria (Escenario de Referencia) [6]

Teniendo en cuenta además la falta de nuevas medidas de eficiencia energética a partir del año 2010. En la siguiente ilustración se puede ver la previsión de la evolución del consumo de la energía primaria en el escenario de referencia. También en el PANER se habla de la intensidad energética, como al aumentar el PIB, se reducirá la intensidad energética primaria un 5% respecto al 2010.

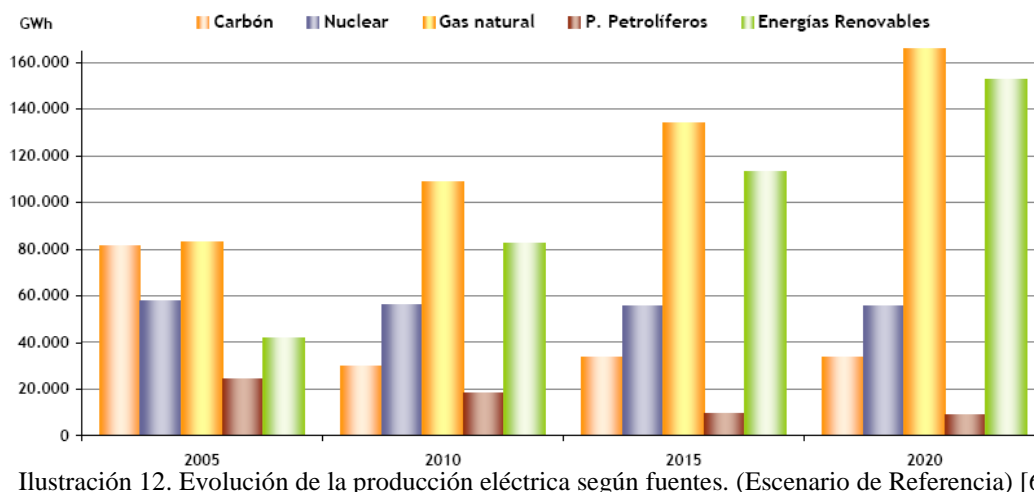


Ilustración 12. Evolución de la producción eléctrica según fuentes. (Escenario de Referencia) [6]

El mayor crecimiento lo experimentan las energías renovables, que en el año 2020 llevaría a satisfacer la demanda eléctrica con un nivel del 36%, a un nivel muy parecido al del gas natural. Cabe destacar también el decremento de la aportación de los recursos petrolíferos de forma considerable, mientras que la aportación del carbón y de la energía nuclear se ha mantenido más o menos constante.

Dentro de las energías renovables tendrán un mayor peso la hidráulica y la eólica sobretodo, y también hay que destacar el crecimiento de la solar termoelectrica y la solar fotovoltaica. También se prevé la entrada de nuevas tecnologías como la eólica marina, la geotermia y las energías del mar.

Escenario de eficiencia energética adicional

Este escenario incluye medidas de eficiencia energética, que serán adoptadas desde el principio para hacer posible una disminución de la demanda. Incluido en este Plan está la aprobación de la Ley de economía sostenible. Se llevarán a cabo diferentes medidas orientadas a conseguir una mayor eficiencia energética, abarcando sectores como el transporte, la edificación, la flota de vehículos, etc. En el escenario se considera que la fiscalidad ambiental y la discriminación fiscal a favor de la eficiencia energética y de una mayor penetración de las energías renovables son muy importantes.

En cuanto al consumo de Energía Primaria podemos observar en la tabla 6 como se mantendría para el año 2020 se mantendría el petróleo como primera fuente en demanda nacional, pero su participación experimentaría una reducción muy importante

Ktep	2005	2010	2015	2020
Carbón	21.183	9.198	10.641	10.533
Petróleo	71.765	60.594	54.100	49.680
Gas Natural	29.116	32.314	35.486	39.118
Nuclear	14.995	14.594	14.490	14.490
Energías Renovables	8.371	13.966	19.798	28.095
Saldo Electr (Imp-Exp)	-116	-688	-981	-2.167
Total energía primaria	145.314	129.978	133.544	139.749

Tabla 6. Consumo de Energía Primaria (Escenario de eficiencia energética adicional) [6]

Sin embargo, la energía nuclear no experimentaría ningún cambio relevante, como en el escenario de referencia. El gas natural y las Energías Renovables ganarían mucho peso, cubriendo las dos casi el 50% de la demanda de la energía primaria, favorecidos por las necesidades medioambientales y energéticas impuestas.

En cuanto a las Energías Renovables se duplicaría su participación llegando a tener un peso del 20,1%, como se puede ver en la tabla 6, que se verá favorecido por políticas rigurosas de ahorro y eficiencia energética incidiendo en la demanda energética nacional, por lo tanto el suministro de energía primaria evolucionaría hacia una elevada diversificación de las fuentes, estando bastante repartidas todas.

La evolución del consumo sigue la misma línea que el escenario de referencia, pero a diferencia de éste, los niveles de consumo en el año 2020 serán inferiores a los máximos acontecidos entre los años 2004 y 2008, se puede apreciar que en este escenario el consumo es mucho menor que en el escenario de referencia.

En este escenario, se esperan menores crecimientos en el consumo energético y con la evolución del PIB, se llegará a una reducción de la intensidad energética acumulada del 15,1%, con una mejora anual fuerte y progresiva hasta unos valores muy positivos en el 2020.

Entre el 2010 y el 2020, se espera un crecimiento en la participación del gas natural y de las energías renovables en cuanto a su producción eléctrica. Son sobretodo las energías renovables las que tendrán un crecimiento mayor, tanto en niveles absolutos como relativos, llegando a tener una cobertura de casi el 40% de la demanda eléctrica.

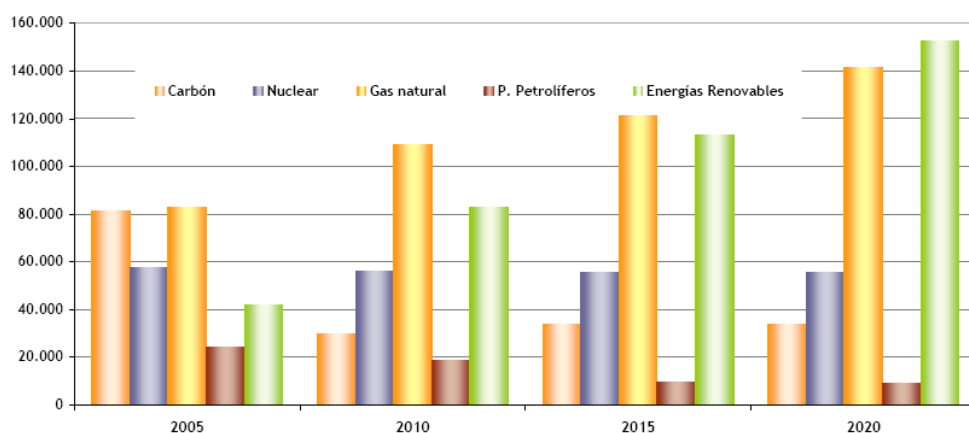


Ilustración 13. Evolución producción eléctrica bruta en el segundo escenario. GWh [6]

En la ilustración anterior, se ha observado un crecimiento impresionante de las energías renovables. Sobretodo destaca la solar termoeléctrica con un crecimiento del 13,42% respecto al 2010, también se cita en el PANER el crecimiento de la biomasa y el biogás, así como también la aparición de nuevas tecnologías como la eólica marina, la geotermia y las energías del mar.

Entre los tipos de energías renovables destaca con un mayor peso en la producción la energía eólica, tanto terrestre como marina, seguida por la energía hidráulica, la energía solar termoeléctrica y la energía solar fotovoltaica. Para conseguir estos niveles de generación eléctrica mediante las energías renovables será necesario, según el PANER, ampliar las interconexiones eléctricas hacia Europa central.

Son muy importantes las conexiones internacionales con Francia, en primera instancia, para garantizar la seguridad de suministro y en segundo lugar, pero no menos importante, porque permitiría integrar un mayor volumen de renovables y aumentar los intercambios internacionales con el resto de Europa. Una opción que se contempla es el desarrollo de una superred o super-grid europea para la integración de las energías renovables a gran escala.

Medidas para alcanzar el Plan

Se llevarán a cabo diferentes medidas, medidas generales, medidas en el campo de la generación eléctrica con energías renovables, medidas del sector hidroeléctrico, medidas del sector geotérmico, medidas en el campo de aprovechamiento térmico de las energías renovables, medidas en el sector solar, medidas en el sector de las energías del mar, medidas del sector eólico de la biomasa, el biogás y los residuos y medidas específicas en el sector de los biocarburantes.

A continuación se desarrollan algunas de estas medidas. [6]

- Desarrollo de un marco adecuado para la simplificación, homogeneización y unificación de los procedimientos administrativos de autorización.
- Apoyo a I+D+i en sistemas de almacenamiento de energía, mantenimiento de una participación pública en el I+D+i en el sector de las renovables.
- Apoyo a líneas de investigación de nuevas tecnologías renovables.
- Cambio hacia una sistemas de redes inteligentes de transporte y distribución, denominadas smart grids, que se desarrollan en el apartado 8.
- Favorecer las instalaciones de generación eléctrica a partir de fuentes renovables destinadas al autoconsumo.
- Medidas para suprimir barreras en promoción de proyectos de energías renovables en el Mar y desarrollo de un marco regulatorio específico.
- Puesta en servicio de nuevas interconexiones internacionales y también aumento de la capacidad de almacenamiento energético.
- Nueva regulación para facilitar la conexión de instalaciones de pequeña potencia asociadas a centros de consumo interconectados con la red eléctrica.
- Sistemas de ayudas a la inversión en energías renovables.
- Desarrollo de programas de ayudas y reducción de riesgo para las fases de exploración e investigación, para la evaluación de un proyecto geotérmico.
- Medidas de difusión, promoción y adaptación reglamentaria de las instalaciones solares para promover su penetración en todos los sectores.
- Tratamiento regulatorio específico, y establecimiento de un marco retributivo adecuado que incentive las instalaciones eólicas de pequeña potencia.
- Armonización de reglamentación para favorecer la integración de instalaciones eólicas de pequeña potencia en diferentes entornos.
- Establecimiento de sistemas de acreditación para la actividad de “Instalador eólico de pequeña potencia”

Muchas de estas medidas se están aplicando ya, pero la mayoría todavía no se han aplicado. De todas ellas algunas van a favorecer el desarrollo de los sistemas de microgeneración en España.

El objetivo general es favorecer la implantación de las energías renovables y llegar a conseguir ese objetivo del 20% de la cuota de energía procedente de energías renovables. Para alcanzar los objetivos previstos será necesario apoyar y facilitar la integración en la red de transporte y distribución de la energía procedente de fuentes no renovables, siendo necesario un sistema de almacenamiento de energía para la no gestionable.

El Plan contempla el establecimiento de un sistema de supervisión, basado en las directrices de la Directiva. Desde el 31 de Diciembre de 2011 y luego, cada dos años, se tiene que presentar a la Comisión un informe sobre los progresos dirigidos a cumplir todas estas medidas que se han presentado en el Plan. El objetivo del seguimiento del Plan es la evaluación del desarrollo de las diferentes áreas renovables en relación a los objetivos marcados, así como el análisis de las barreras que persisten y las diferentes propuestas que se vayan elaborando. Estos informes servirán para la evaluación del cumplimiento de los objetivos tanto específicos como generales de este Plan, desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo.

Este Plan fija los objetivos específicos en cada sector renovable para el conjunto del territorio nacional, también servirá de base para la coordinación con otras planificaciones estatales que afecten a las energías renovables y servirá de apoyo para las CCAA en la elaboración de su planificación en energías renovables.

Todas estas medidas y objetivos no son sencillos, pero son necesarios para poder adaptar el sistema eléctrico español a las necesidades actuales y futuras. Son medidas que entre muchas otras ventajas y mejoras, favorecerán la seguridad de suministro, mejorarán la red eléctrica y las interconexiones, favorecerán la conservación del medioambiente, ayudarán a ganar peso a las energías renovables y facilitarán el desarrollo y la instalación de sistemas de microgeneración en España.

5. Marco legislativo energético

El objetivo de este apartado es explicar analizando las diferentes leyes y directivas, las medidas que se han llevado a cabo en España para favorecer la generación de electricidad con energías renovables, analizar diferentes aspectos que afectan a los sistemas de microgeneración, profundizando especialmente en la dimensión de las diferentes medidas que afectarán al régimen especial. Los mercados de los sectores eléctricos y de gas se han liberalizado, a través de diferentes medidas que se han llevado a cabo, buscando garantizar el suministro energético a corto, medio y largo plazo dentro de un entorno energético más sostenible.

En 1997, la Comisión Europea propuso doblar la cuota de participación de las energías renovables en el consumo interior bruto de la UE, marcando un objetivo del 12% para el año 2010 y que fue transpuesto a nivel nacional en España y recogido en la **Ley 54/1997**. En esta ley se diferenció a los productores del régimen ordinario de los productores en régimen especial, que debían tener una potencia instalada menor de 50 MW. A éstos se les reconocía que tenían prioridad en el acceso a las redes de transporte y de distribución de la energía generada.

Esta ley tenía como objetivo establecer la regulación del sector eléctrico, garantizando el suministro, su calidad y además que sea al menor coste posible. Esta ley no considera necesario que el Estado no intervenga nada más que en la regulación. Además, también reconoce el derecho a la libre instalación de energía eléctrica y se organiza su funcionamiento bajo el principio de libre competencia.

Esta ley integró el Régimen Especial para la generación eléctrica con energías renovables de potencia inferior a 50 MW otorgando competencias a las Comunidades Autónomas. La ley garantizaba el acceso a la red de las instalaciones en el régimen especial. Con esta ley los productores de electricidad mediante energías renovables tienen garantizado el acceso a la red. Tiene como objetivo fundamental establecer un sistema estable y predecible que garantice una adecuada rentabilidad a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. La Ley establecía que el Régimen Especial se basa en un sistema de apoyo directo a la producción, con retribuciones superiores a las del Régimen Ordinario, mediante un sistema de tarifas reguladas y primas específicas, que consideran la internalización de beneficios medioambientales, diversificación y seguridad de abastecimiento. Este sistema ha dado muy buenos resultados en España y en otros países.

La **Ley 54/1997** liberalizó la generación y la comercialización de electricidad, creando la figura del Operador del Mercado (para la gestión económica), la figura del Operador del Sistema (para la gestión técnica) y los gestores de distribución eléctrica. Se asignó la función de la liquidación de primas a la generación eléctrica de origen renovable a la Comisión Nacional de Energía.

5.1 Fomento de las energías renovables

La **Directiva 2009/28/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, del 23 de Abril de 2009, trata de fomentar las energías renovables, fijando el objetivo para el año 2020 relativo al consumo final bruto de energía en un 20% a la energía procedente de

fuentes renovables en la Unión Europea y un 10% procedente de energías renovables en el consumo de energía del sector transportes.

La directiva establece que cada estado miembro elabore una serie de medidas y ajustes, pretende además que notifique estas medidas mediante un Plan de Acción de Energías Renovables (PANER) para el periodo 2011-2020, que debe ajustarse a los planes de acción nacionales adoptados en la **Directiva 2009/28/CE**:

“Cada Estado miembro publicará y notificará a la Comisión, seis meses antes de la fecha límite de presentación de su plan de acción nacional en materia de energía renovable, una previsión en la que indicará:

a) su estimación del exceso de producción de energía procedente de fuentes renovables con respecto a su trayectoria indicativa que podría transferirse a otros Estados miembros de conformidad con los artículos 6 a 11, así como su potencial estimado para proyectos conjuntos hasta 2020, y b) su estimación de la demanda de energía procedente de fuentes renovables que deberá satisfacer por medios distintos de la producción nacional hasta 2020.

Dicha información podrá incluir elementos relativos a los costes y beneficios y a la financiación. Dichas previsiones se actualizarán en los informes de los Estados miembros, tal como dispone el artículo 22, apartado 1, letras l) y m).” [13]

Entre los artículos 6 y 11 de la Directiva, se explican los mecanismos de flexibilidad que pueden utilizar los estados miembros. Estos mecanismos de flexibilidad son ofrecidos como transferencias estadísticas entre los países, que mediante acuerdos bilaterales y proyectos conjuntos se podría facilitar el cumplimiento del objetivo global de energías renovables de la Unión Europea, compartiendo pesos o porcentajes de algunas tecnologías y de esta forma poder cumplir cada estado los objetivos de consumo de energía procedente de energías renovables. España, por lo visto, podría estar interesada en utilizar estos mecanismos de flexibilidad, ya que puede cumplir e incluso superar estos objetivos en algunas tecnologías, pero en otras sería más complicado su cumplimiento. Así, de esta forma España podría cumplir satisfactoriamente los objetivos que han establecido para el año 2020.

Uno de los problemas con los que se encuentra España es la configuración competencial derivada de la Constitución española, porque se encuentran ante muchas administraciones reguladoras competentes. Este problema de competencias lo encontramos en muchas situaciones, además es un problema que afecta directamente al sistema energético español. Un productor se encuentra con trámites ante la legislación autonómica, regulando procedimientos de concesión de autorizaciones, y también ante los trámites que la normativa estatal exige.

Se prevé la aplicación de diferentes mecanismos de coordinación entre las Administraciones, especialmente para las responsabilizadas en materia industrial, en autorizaciones urbanísticas y en autorizaciones medioambientales. Además, se comenta en los artículos 3, 4, 5 y 6 del artículo 13 de la **Directiva 2009/28/CE**, que el sector de edificación representa un papel importante, sobretodo en el fomento de las energías renovables. Se trata de impulsar que en las nuevas construcciones los tipos de energía

empleados procedan de fuentes de energía renovable, fomentando también la renovación energética de edificios que estén en proceso de rehabilitación. Desde los organismos administrativos, se vela para que se instalen equipos y sistemas para la utilización de electricidad, calor y frío a partir de fuentes renovables, y para sistemas urbanos de calefacción o refrigeración.

A partir de esta directiva y del **Decreto 21/2006**, entre otros, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios, algunos ayuntamientos de España han promovido Ordenanzas para la incorporación de instalaciones solares en todo tipo de edificaciones tanto de viviendas, como de oficinas, de instalaciones deportivas o de hospitales.

Además, el **Código Técnico de la Edificación (CTE)** obliga a que todos los edificios de nueva construcción y en rehabilitación, en los que exista una demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS) o de climatización de piscina cubierta, deben tener una contribución solar mínima de ACS que variará entre el 30 y el 70%. Por este motivo, el crecimiento de la utilización de la energía solar térmica es evidente. Se recogen excepciones en el CTE, cuando la producción de ACS se sustituya con otra fuente de energía renovable, de cogeneración o residuos, cuando no se cuente con suficiente acceso al sol o cuando existan limitaciones por la configuración del edificio.

Lo que persigue el Código es la sustitución de una fuente de energía fósil por otra renovable y se reduzcan las emisiones a la atmósfera de CO₂. El CTE afecta a la energía solar fotovoltaica, ya que incluye que en los edificios se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. La potencia eléctrica mínima de origen fotovoltaico puede disminuirse o suprimirse en diferentes casos: si se sustituye por otro tipo de fuente renovable, sino tienen suficiente acceso al sol, cuando el edificio tenga limitaciones que no se puedan subsanar, en caso de edificios que se rehabiliten por la configuración previa del edificio y en edificios de nueva planta, así como cuando lo determine el órgano competente.

En directivas anteriores, como la **Directiva 2006/32/CE**, se establecía un nuevo marco normativo para los edificios públicos. En la Directiva 2009/28/CE, se establece:

“Los Estados miembros velarán por que los nuevos edificios públicos y los edificios públicos ya existentes que sean objeto de una renovación importante, a nivel nacional, regional y local, cumplan un papel ejemplar en el contexto de la presente Directiva a partir del 1 de enero de 2012. Los Estados miembros podrán permitir, entre otras cosas, que esta obligación se cumpla observando las normas relativas a las viviendas de energía cero, o estipulando que los tejados de los edificios públicos o cuasi públicos sean utilizados por terceros para instalaciones que producen energía procedente de fuentes renovables.” [13]

En diferentes planes del estado español como la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004-2012, el Plan de Acción 2005-2007 y el actual Plan de Acción 2008-2012, en los que se resalta ese papel ejemplarizante que deberán ejercer las Administraciones Públicas en materia de ahorro y eficiencia energética. Las medidas que sobretodo llevan a cabo las Comunidades Autónomas son las ayudas públicas e incentivos para la inversión.

En la **Directiva 2009/28/CE**, en relación a la potencia instalada, se ha previsto un régimen simplificado para autorizar instalaciones de producción de energía eléctrica de baja tensión. Muchas veces se trata de una mera comunicación para iniciar la instalación. Concretamente, en el artículo 16 de la **Directiva 2009/28/CE**, se desarrolla el acceso a las redes y el funcionamiento de las mismas.

En el PANER, que se ha explicado en el apartado anterior, se expone una planificación con diferentes objetivos para el año 2020 basándose en la **Directiva 2009/28/CE**. Todos los objetivos se sustraen de esta directiva, y son objetivos que cada Estado Miembro debe cumplir y realizar medidas para cumplir con estos objetivos. Además, se consolida el principio de subsidiariedad de los Estados Miembros para que puedan elegir sus sistemas de apoyo a su promulga. También se implanta un sistema de garantía de origen de la electricidad para dar transparencia al consumidor.

A nivel estatal se ha aprobado recientemente el **Real Decreto 198/2010**, del 26 de febrero (publicado en el Boletín Oficial del Estado de 13 de marzo), por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la **Ley 25/2009**, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

5.2 Régimen especial

Anteriormente se han explicado diferentes aspectos normativos en relación al Régimen Especial, a continuación se especificará más sobre este régimen y sus aspectos legislativos. Como ya se ha explicado, el Régimen Especial es aplicable a la producción eléctrica de potencia menor de 50 MW de origen renovable de todo el estado español.

El **Real Decreto 2818/1998** establecía la regulación concreta de la retribución de la energía vertida en régimen especial, ajustándose a lo indicado en la **Ley 54/97**.

El **Real Decreto 661/2007**, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción eléctrica en régimen especial y de la que partió el Plan Nacional de Acción para el periodo 2011-2020 (PER 2011-2020). Este Real Decreto marca las directrices sobre las que deberá girar el régimen especial estableciendo un régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y la cogeneración, sustituyendo al **Real Decreto 436/2004**.

Al hilo de las conexiones de redes, en este Real Decreto, se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, que es muy interesante para la presente memoria, y al principio del Real Decreto notan la importancia de la separación entre el régimen especial y el régimen ordinario:

“La creación del régimen especial de generación eléctrica supuso un hito importante en la política energética de nuestro país. Los objetivos relativos al fomento de las energías renovables y a la cogeneración, se recogen en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), respectivamente. A la vista de los mismos se constata que aunque el crecimiento experimentado por el conjunto del régimen especial de generación eléctrica ha sido destacable, en determinadas tecnologías, los objetivos planteados se encuentran aún lejos de ser alcanzados.” [14]

Se establece que los generadores de régimen especial tendrán prioridad para la evacuación de la energía producida frente a los generadores de régimen ordinario, con preferencia para la generación en régimen especial no gestionable a partir de fuentes renovables. [12]

La generación no gestionable se define como aquella cuya fuente primaria no es controlable ni almacenable y cuyas plantas de producción no tienen la posibilidad de realizar un control de la producción siguiendo instrucciones del operador del sistema sin incurrir en un vertido de energía primaria (eólica, solar, geotérmica, maremotriz...).

Los cambios más significativos frente la regulación anterior son:

- La retribución del régimen especial no va ligada a la Tarifa de Referencia.
- Se establece una prima de referencia y unos límites superior e inferior para la generación procedente de energías renovables que participan en el mercado.
- Se establece un aval que deberán satisfacer las instalaciones de régimen especial al solicitar el acceso a la red de distribución.
- Los nuevos parques eólicos deberán ser capaces de mantenerse conectados a la red ante una breve caída de tensión en la misma.
- Se permite la hibridación en instalaciones de biomasa y solar termoeléctrica.
- Obligación del régimen especial de potencia instalada superior a 10 MW a conectarse a un centro de control.
- Obligación del régimen especial a tarifa a presentar ofertas en el mercado de producción a precio cero por medio de un representante.

Actualmente, existen una serie de Procedimientos de Operación, relacionados con las instalaciones acogidas al régimen especial y conectadas a la red de distribución:

- Solicitudes de acceso para la conexión de nuevas instalaciones.
- Instalaciones conectadas a la red de transporte: requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento y seguridad y puesta en servicio.
- Requisitos de respuesta frente a huecos de tensión en instalaciones eólicas.
- Sujeto de liquidación de las instalaciones de régimen especial

La **Circular 1/2008**, de la Comisión Nacional de Energía, sobre la información al consumidor acerca del origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente, tiene por objeto establecer el proceso que utilizará la CNE para la obtención de la información que deben proporcionar los distribuidores a sus clientes finales, acerca del origen de la electricidad consumida y su impacto medioambiental.

También tiene mucha importancia el **Real Decreto 1578/2008**, que determina la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica para instalaciones. Se modificó el **Real Decreto 661/2007** a efectos de la energía solar fotovoltaica, definiendo un nuevo régimen económico y la creación de un registro de preasignación de la retribución para instalaciones fotovoltaicas. Se extenderá la información sobre este decreto en el apartado 6.2 de energía solar fotovoltaica.

En el **Real Decreto-ley 6/2009** se crea el Registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones de régimen especial. Se diferencia entre dos niveles de cara a los instrumentos de planificación en energías renovables en España. Uno sería a nivel estatal, vinculante para el Estado únicamente en los objetivos globales, y otro sería a nivel autonómico siguiendo la planificación específica de cada comunidad autónoma.

Se ha creado un Registro de pre-asignación de retribución para instalaciones del régimen especial, para hacer un seguimiento de la potencia instalada, asegurar un coste razonable y favorecer la competencia con las tecnologías convencionales.

En la **Orden ITC/3519/2009** se revisan los peajes de acceso a partir del 1 de Enero de 2010 y las tarifas y las primas de las instalaciones del régimen especial. El marco económico contempla unos niveles de retribución a la generación eléctrica que persiguen la obtención de unas tasas razonables de rentabilidad de la inversión.

Los titulares de instalaciones renovables pueden escoger entre dos alternativas de retribución:

- Venta a tarifa regulada, que es diferente para cada tecnología.
- Venta libre en el mercado de producción de energía eléctrica.

Dentro del régimen especial, no hay limitaciones respecto al volumen total de electricidad, producida anualmente, que da derecho a prima. Por otro lado, todas las instalaciones de régimen especial con potencia superior a 10 MW deben estar adscritas a un centro de control de generación, que actúa como interlocutor con el operador del sistema, remitiéndole la información en el tiempo real de las instalaciones y haciendo que sus instrucciones sean ejecutadas con objeto de garantizar en todo momento la fiabilidad del sistema eléctrico.

También es necesario citar que en el **Real Decreto 198/2010**, de 26 de febrero, se modificaron sobre el **Real Decreto 661/2007**, de 25 de mayo, las competencias de cara a las autorizaciones y concesiones en régimen especial.

5.3 Mecanismos de control

El **Real Decreto-ley 6/2009**, crea el registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones del régimen especial, en el que:

“La inscripción en el Registro de pre-asignación de retribución será condición necesaria para el otorgamiento del derecho al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.” [15]

Para poder inscribirse hay diferentes requisitos, como contar con la concesión por parte de la compañía eléctrica distribuidora o de transporte, haber depositado el aval necesario para el acceso a la red, etc. El objetivo es tener un mejor seguimiento de la potencia instalada, y asegurar que se cumple el requisito de que el consumidor pueda contar con un suministro de energía a un precio razonable y a la vez, garantizar una cierta evolución tecnológica de las fuentes de generación. De esta forma se podrá tener también bajo punto de mira los objetivos del PANER para el año 2020.

5.4 Sistemas de apoyo

Hay diferentes sistemas de apoyo para las energías renovables y para las instalaciones de régimen especial. Este tipo de ayudas pueden estar dirigidas a la instalación y a la producción de la electricidad, los dos tipos son muy importantes y son necesarios para el objetivo del crecimiento de estas instalaciones. Dentro de las medidas de apoyo a la instalación están las subvenciones, los créditos de mínimo interés, las líneas de crédito ICO, reducción de fiscalidad. En cuanto a la producción el sistema más extendido es el de las primas por producción mediante tecnologías renovables, además de las retribuciones de régimen especial.

Los apoyos y diferentes ayudas pretenden proporcionar al sector de las energías renovables la estabilidad a largo plazo que necesita para poder realizar las inversiones sostenibles y también establecer los mecanismos de flexibilidad que permitan a la Administración adoptar las medidas necesarias de control y estímulo para corregir las desviaciones sobre la trayectoria para alcanzar los objetivos marcados. Las diferentes líneas de financiación y ayudas al régimen especial se ampliarán en el apartado 7.6.

También reciben ayudas de tipo fiscal algunas tecnologías renovables, el texto de la Ley sobre el impuesto de Sociedades fue aprobado por el **Real Decreto Legislativo 4/2004**.

Se ha extraído del artículo 39 sobre las deducciones por inversiones medioambientales:

“Podrá deducirse de la cuota íntegra el 10 por ciento de las inversiones realizadas en bienes de activo material nuevos destinadas al aprovechamiento de fuentes de energías renovables consistentes en instalaciones y equipos con cualquiera de las finalidades que se citan a continuación:

a) Aprovechamiento de la energía proveniente del sol para su transformación en calor o electricidad.

b) Aprovechamiento, como combustible, de residuos sólidos urbanos o de biomasa procedente de residuos de industrias agrícolas y forestales, de residuos agrícolas y forestales y de cultivos energéticos para su transformación en calor o electricidad.

c) Tratamiento de residuos biodegradables procedentes de explotaciones ganaderas, de estaciones depuradoras de aguas residuales, de efluentes industriales o de residuos sólidos urbanos para su transformación en biogás.

d) Tratamiento de productos agrícolas, forestales o aceites usados para su transformación en biocarburantes (bioetanol o biodiésel).” [16]

Cualquier sistema de retribución económica para apoyar la generación de electricidad basada en energías renovables tendrá como base tres principios: la seguridad jurídica, viabilidad y estabilidad regulatoria. Se llevarán a cabo los mecanismos necesarios para conseguir las mejoras tecnológicas y la evolución de los mercados para alcanzar los objetivos en los plazos establecidos.

5.5 En proceso de elaboración

Hay una propuesta actual de Real Decreto, en elaboración, de regulación de la conexión a la red de instalaciones de producción de energía eléctrica, de pequeña potencia, potencia no superior a 1MW, que incluiría justamente el límite superior de potencia que se ha elegido en este proyecto. La regulación de la conexión a la red de los sistemas de microgeneración es necesaria para tener un control adecuado y estar amparadas legalmente frente a las compañías eléctricas.

La elaboración de un Real Decreto que regule la conexión a la red de instalaciones de producción de energía eléctrica es necesario, ya que se están produciendo muchos cambios en la producción eléctrica y con el crecimiento de los sistemas de microgeneración, es necesario asegurar la protección de los pequeños productores de electricidad frente a las grandes empresas eléctricas.

La intención es que las instalaciones de pequeña potencia que se vayan a conectar en paralelo, en un punto de conexión a la red de distribución en baja tensión, en el que exista un suministro de potencia contratada igual o superior, podrán conectarse en el mismo punto de dicho suministro mediante la notificación.

En este sentido, el actual borrador de **proyecto de Ley de Economía Sostenible** obliga a maximizar la participación de las energías renovables en la cesta de generación energética y eléctrica. Para conseguir este objetivo, la Ley obliga a que la planificación vinculante se realice de conformidad a la obligación de maximizar esta participación y a que ésta se tenga en cuenta en el resto de los instrumentos de planificación.

El anteproyecto de ley de economía sostenible, que se pretende sea aprobado a finales de este año, ha incorporado algunos de los elementos de los marcos de apoyo de las energías renovables como:

- Garantía de retorno de inversiones que incentiven las energías renovables.
- Flexibilidad en los marcos de apoyo para adaptarse a las mejoras tecnológicas y cambios ejecutados.
- Garantizar la suficiencia y la estabilidad en el suministro, tratando de hacerlo principalmente de forma interna.
- Se dará mayor importancia a las instalaciones con innovaciones tecnológicas, que optimicen la eficiencia productiva, mayor facilidad de gestión y menores emisiones.

Incorporará muchas de las medidas de tipo normativo que estaban incluidas en el Plan de Acción 2008-2012, ésta remite también a la futura Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Estas dos, constituirán medidas normativas fundamentales para la consecución de las ganancias de eficiencia referidas en el Escenario de eficiencia adicional que se ha explicado en el apartado del PANER.

Destaca en el anteproyecto, lo relativo a la creación de condiciones que hagan posible el funcionamiento eficiente de un mercado de servicios y que se potencie también la oferta eléctrica, dotando a las empresas de un marco jurídico estable a corto, medio y largo plazo.

6. Régimen especial

La generación en régimen especial consiste en la generación distribuida de electricidad, esta regulada por el Real Decreto 661/2007 como se ha explicado en el quinto apartado y su aportación en los próximos años es fundamental. En este apartado se analizarán diferentes aspectos interesantes para el análisis del régimen especial

Es importante remarcar la diferencia entre la generación distribuida y el régimen especial, dentro de la generación distribuida puede haber instalaciones que no se acojan al régimen especial, ya que hay instalaciones de potencia mayor que 50 MW que forman parte del sistema de generación distribuida.

Anteriormente, se ha explicado que la generación distribuida, basada en energías renovables, está estimulada por la Unión Europea hasta llegar al punto en el que aproximadamente el 80% de la producción eólica mundial tiene lugar en España, Dinamarca, Alemania, Italia y EEUU. Este impulso y estimulación se debe en parte a una motivación medioambiental, pero también por la problemática que ha surgido con el abastecimiento de gas natural y petróleo, y la incertidumbre de los precios provocada por esta situación con los países exportadores de estos combustibles fósiles.

Las instalaciones acogidas al régimen especial están basadas fundamentalmente en tecnologías renovables y por lo tanto ayudan en la preservación del medioambiente, desde las administraciones se fomenta la generación energética mediante tecnologías limpias y sostenibles. Entre otros motivos, tienen la obligatoriedad de cumplir con las cuotas energéticas impuestas en la Unión Europea.

En España y en la Unión Europea se está produciendo un crecimiento del peso de las energías renovables. Este crecimiento exige un esfuerzo de todos los estados miembros y sus administraciones para incentivar la inversión y la investigación en estas tecnologías. Se ha producido gracias a los diferentes planes y medidas legislativas, como por ejemplo la Directiva 2009/28/CE que se ha comentado en el apartado 5 y los diferentes planes energéticos que facilitan la participación de las energías renovables en el sistema energético español.

El crecimiento de las energías renovables afecta directamente en el crecimiento de la microgeneración y a la producción eléctrica acogida al régimen especial. La implantación de la microgeneración y de las instalaciones acogidas al régimen especial también es importante para mejorar la intensidad energética, que aunque ha mejorado en los últimos años debe seguir en la misma línea por la necesidad de mejorar el sistema eléctrico español. También es importante porque debe de incrementarse la presencia de fuentes de energía autóctona, y de esta forma, disminuir la dependencia del exterior del sistema eléctrico español.

La microgeneración se incluye dentro del marco del régimen especial. Se espera que la microgeneración crezca mucho en los próximos años, hay diferentes medidas como la CTE que facilitarán su crecimiento, ya que promueve que los nuevos edificios cuenten con sistemas energéticos más eficientes y basados en tecnologías renovables. Además hay un interés muy elevado por el crecimiento del peso de las energías renovables, y los sistemas de microgeneración ayudarán en este crecimiento.

La microgeneración se incluye también dentro del sistema de generación distribuida y por lo tanto también cuenta con los problemas de conexión a la red eléctrica que tienen estos sistemas. Gracias al autoabastecimiento que ofrecen las instalaciones de microgeneración, el productor verá reducida su factura eléctrica y además puede vender sus excedentes a la red, si está conectado a la red eléctrica.



Ilustración 14. Ejemplo de microgeneración urbana

Uno de los problemas es que las energías renovables no son una fuente constante de energía, salvo la energía geotérmica, y al necesitar que la producción de energía eléctrica sea permanente es necesario que las fuentes de alimentación sean constantes. Esto se sustituye con las tecnologías de almacenamiento, como baterías, bombas, etc.

Otra problemática que se plantea en microgeneración, la generación distribuida y en las instalaciones acogidas al régimen especial, es que a medida que se vayan implantando a mayor escala se verán afectados aspectos como la estabilidad eléctrica, el almacenamiento de energía, etc. Las energías renovables cuentan con muchas ventajas, pero también cargan con desventajas, como la integración a la red, la difícil previsión que tienen con lo que ello afecta a la distribución eléctrica, pero estos aspectos sobre la factibilidad de las instalaciones basadas en tecnologías renovables y más concretamente de la microgeneración se abarcarán en otro apartado.

En diferentes países de la Unión Europea han tenido diferentes movimientos para incentivar la microgeneración, como puede ser en Alemania en donde se han financiado aplicaciones de biomasa o de paneles solares como medidas de ahorro en edificios, un buen ejemplo es Reino Unido, donde se ha impulsado la necesidad de incorporar la microgeneración a nivel domiciliario y se han instalado muchos sistemas de microgeneración.

Además, también hay que destacar las posibilidades que ofrecen los sistemas aislados en países en vías de desarrollo, donde el porcentaje de población sin acceso a una red convencional fuerte es mucho mayor, por lo tanto la microgeneración se puede aplicar en aquellos países en los que existe una red eléctrica convencional se efectuará la conexión a la red, y lo que se recomiendan los sistemas híbridos de energía eólica y energía fotovoltaica allí donde no existe dicho acceso.

7. Tecnologías de microgeneración

La microgeneración es la producción de electricidad a pequeña escala, mediante una tecnología en la que las emisiones de carbón son mínimas y que están conectadas a la red eléctrica para poder recibir energía en caso de necesidad, y también verter los excedentes de la instalación a la red eléctrica. Estas instalaciones se pueden situar en edificios de viviendas, en edificios públicos o en edificios comerciales. Los sistemas de microgeneración se pueden, además, acoger al régimen especial dentro del mercado energético descentralizado o distribuido.

Por otro lado, las tecnologías de la generación distribuida se pueden diferenciar en tres grupos que son las tecnologías maduras (el motor alternativo, la turbina de gas, centrales minihidráulicas, energía eólica, energía solar térmica y fotovoltaica y los residuos), las tecnologías semimaduras (Biomasa, Microturbinas y Pilas de combustible) y las tecnologías emergentes (Geotérmica y Marina).

Mediante la microgeneración el usuario puede ser, simultáneamente, productor de electricidad. Una instalación de pequeña potencia se puede utilizar únicamente para la producción de electricidad con fines de autoconsumo, como las instalaciones aisladas. La diferencia entre los sistemas de microgeneración y las instalaciones aisladas es que al conectarse la instalación de microgeneración a la red eléctrica, pueden vender los excedentes al mercado de electricidad y de esta forma obtener beneficios económicos. También, al estar conectada a la red, el flujo de electricidad es bidireccional y si fuese necesario podría comprar también electricidad.

Se consideran, por lo tanto, tecnologías de microgeneración a las instalaciones que no sobrepasan 1 MW de potencia. Estas pueden acogerse al régimen especial y son las que consideramos de mayor interés, las instalaciones de microgeneración de potencias menores de 1MW y que estén acogidas al régimen especial. El rango de potencia adecuado es muy relativo, al depender de los diferentes tipos de tecnologías.

La microgeneración implica muchos cambios, cambios regulatorios y cambios de la red eléctrica, al tener muchos productores distribuidos en la geografía española, la planificación y la previsión de la producción se complica mucho, por lo que son necesarias nuevas medidas y mecanismos de previsión y planificación de la red eléctrica. También son importantes los cambios en la retribución y en el registro de las instalaciones, así como los diferentes trámites administrativos que se deben llevar a cabo para la puesta en funcionamiento de una instalación acogida al régimen especial.

Hay diferentes tipos de energías renovables que se utilizan como tecnología para la microgeneración dentro del régimen especial, y aunque también se pueden utilizar de forma aislada de la red, se abordará desde el punto de vista de la conexión a la red eléctrica. En España en la actualidad están muy desarrolladas la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, y hay buenas perspectivas para las demás tecnologías, especialmente para la energía geotérmica.

En este proyecto se van a analizar las tecnologías de microgeneración basadas en energías renovables terrestres, como la energía eólica, la solar fotovoltaica, la geotérmica, la biomasa, la cogeneración y la hidráulica.

7.1 Energía Eólica

7.1.1 Definición

Dentro de las energías renovables, la Energía Eólica es la más prometedora en cuanto a integración en el mercado energético. A lo largo de toda la geografía española podemos ver numerosos generadores eólicos, sin embargo, la tecnología minieólica, no está muy desarrollada en España, salvo instalaciones aisladas de la red eléctrica.

La energía eólica es la energía obtenida del viento. Las diferencias de presión atmosférica provocan corrientes de aire que se aprovechan para generar energía cinética. Aproximadamente el 2 % de la energía que llega del Sol se transforma en energía cinética, y un 35% de esta energía se disipa a un kilómetro del suelo.

Se aprovecha la velocidad del viento mediante aerogeneradores, la mayoría son de eje horizontal. Éstos utilizan la energía cinética del viento para transformarla en electricidad que luego se utilizan para abastecer los distintos puntos de consumo. La velocidad del viento es muy importante, siendo necesario que esté entre 12 y 65 Km/h.

No se puede utilizar y aprovechar toda la energía que llega al rotor, hoy en día se aprovecha cerca del 40% de la energía almacenada en el viento, que de todas formas es un porcentaje nada desdeñable.



Ilustración 15. Instalación eólica en vivienda unifamiliar.

La energía eólica es en una de las fuentes energéticas más importantes, por su carácter de energía limpia, inagotable y autóctona. Dentro del grupo de las energías renovables se considera como una tecnología “barata”, puede competir en rentabilidad con otras fuentes energéticas convencionales.

En un estudio español [17] sobre los efectos ambientales (sobre medios atmosféricos, hídricos y terrestres) para producir un kilovatio-hora mediante la energía eólica se concluía que la contaminación es cuatro veces menor que con gas natural, diez veces menor que con plantas nucleares y veinte veces menor que con carbón o petróleo. De esta forma, se demuestra la rentabilidad medioambiental de la energía eólica.

La energía eólica a diferencia de las fuentes de energía convencionales en que no genera residuos peligrosos ni produce contaminación atmosférica. Tampoco produce contaminantes que incidan en el suelo, ni vertidos o grandes movimientos de tierra.

Uno de los inconvenientes a la hora de producir energía a partir del viento es que no es un recurso del que se pueda disponer constantemente, además su previsión es muy complicada, implicando directamente a la previsión de la producción eléctrica. Por eso,

las instalaciones de más de 10 MW tienen que predecir con antelación cuanta energía van a producir y comunicárselo a las distribuidoras de electricidad. Para ello en el año 2004 la Asociación Empresarial Eólica (AEE) puso en marcha un Ejercicio de Predicción y a partir de entonces desde diferentes empresas y organizaciones se han mejorado los sistemas de predicción de producción eólica.

Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). También es cierto, que puede ser instalada en zonas que no son aptas para otros fines, como zonas desérticas. En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.

Otro impacto negativo es el ruido o las vibraciones que se producen por el giro del rotor, pero su efecto no es más acusado que el generado por otra instalación industrial, por esto suelen estar alejados de viviendas. Un problema con el que también se encuentran es si hay grandes poblaciones avícolas cercanas, ya que el movimiento de las aspas puede aumentar la mortalidad de las aves.

7.1.2 Estado de la Energía Eólica

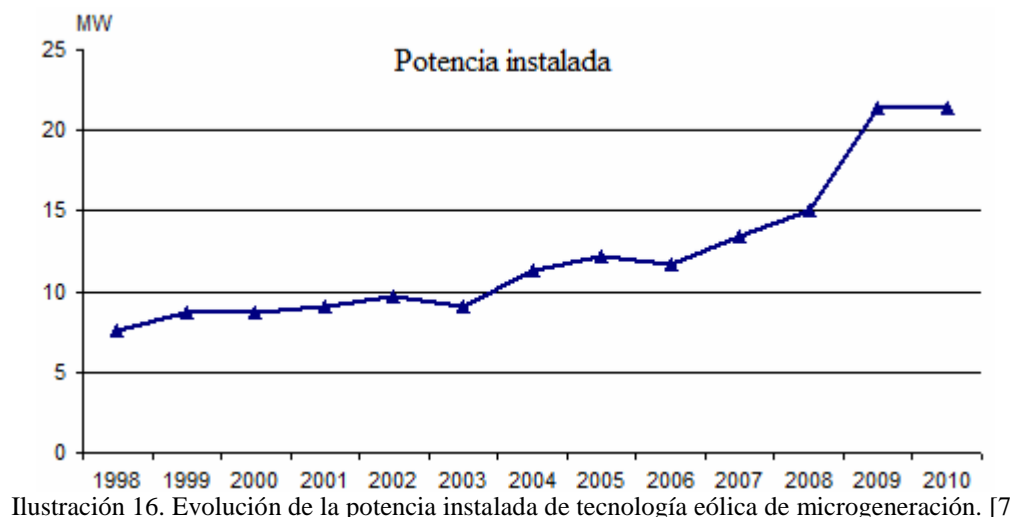
La energía eólica ha crecido en 2009 un 31% en el mundo a pesar de la crisis económica y por segundo año consecutivo España fue la segunda potencia mundial que más sistemas eólicos instaló con 2459 MW. [18]

El continuo crecimiento y la expansión de la energía eólica muestran que es una tecnología muy buena, es una energía limpia, es una energía renovable y no es difícil de instalar, en el 2009 la energía eólica ha crecido a nivel mundial mucho, en el 2010 continúa creciendo y las estimaciones y previsiones futuras indican que seguirá en la misma línea.

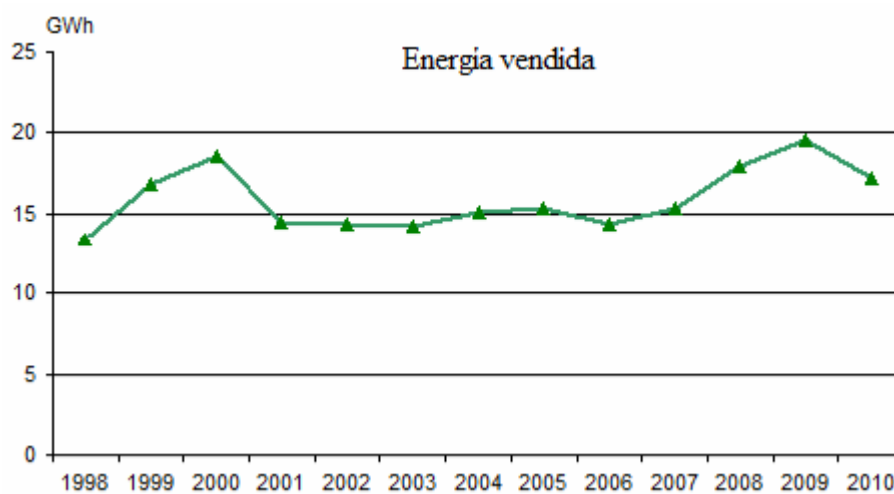
En la UE-27 se han instalado 10163 MW en el 2009. La energía eólica es una de las que mayor crecimiento ha experimentado, España ocupa una posición destacada entre los productores de energía eólica y en el año 2009 fue el tercer país en potencia eólica instalada. Según las predicciones del GWEC (Global Wind Energy Council), para el 2014 la capacidad eólica mundial instalada será de 409 GW, crecimiento considerable si consideramos que en 2010 estamos entorno a los 200 GW instalados. [19]

España es el segundo productor de energía eólica de Europa detrás de Alemania y es el cuarto del mundo detrás de EEUU, China y Alemania. Las instalaciones están concentradas en cuatro Comunidades Autónomas: Castilla León, Castilla-La Mancha, Galicia y Andalucía y representa la tercera fuerza de producción eléctrica en España. El Potencial eólico de España es muy alto, con lo que se espera que en los próximos años siga creciendo y siga asentándose en el mercado energético español.

En cuanto a la energía eólica que se emplea para la microgeneración dentro del régimen especial, en España hay en la actualidad 88 instalaciones conectadas a la red eléctrica, según los datos extraídos, con fecha de actualización de agosto de 2010, de la comisión nacional de energía. A partir del año 2007 se observa un crecimiento elevado del número de instalaciones y, por tanto, de la potencia instalada de instalaciones de microgeneración de energía eólica de potencia menor de 1 MW de potencia, acogidas al régimen especial.



La potencia instalada de instalaciones de microgeneración se observa en la ilustración anterior y en la ilustración siguiente se puede observar la energía vendida dentro del régimen especial de las instalaciones de microgeneración eólicas. Se observa también un crecimiento importante a partir del 2007, la caída final en el año 2010 no es importante ya que no se han terminado de recoger los datos del año completo, y además, por los datos que se observan, es de esperar que la energía vendida supere la del 2009.



7.1.3 Tecnología eólica

Se hará una pequeña explicación de la tecnología eólica que podrá ayudar a su comprensión y suele aplicarse a la minieólica, salvo algunos elementos que dependen de la ubicación en la que se sitúe la instalación de microgeneración.

La energía eólica se activa con la presencia de viento, al incidir el viento en las palas de una aeroturbina se produce un trabajo mecánico de rotación que mueve a su vez un generador para producir electricidad. La cantidad de energía que contiene el viento antes de pasar por un rotor en movimiento depende de tres parámetros: la velocidad del viento incidente, la densidad del aire y el área barrida por el rotor.

Un aerogenerador consta de una **torre** que soporta la **góndola** y el **rotor**. El rotor está formado por las palas y el buje que las une, se utiliza para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica y la góndola en su interior contiene diferentes dispositivos que van a transformar la energía mecánica del rotor en energía eléctrica. Además, las góndolas, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que permiten el control del sistema, importante especialmente para la minieólica.

Otras partes son el **multiplicador**, que multiplica la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El **generador** transforma la energía mecánica en energía eléctrica. El **controlador electrónico** es un ordenador que controla las condiciones de funcionamiento mediante sensores que captan diferentes indicadores como la temperatura, presión, velocidad del viento, dirección del viento, etc.

Y por último el sistema hidráulico y el sistema de orientación. El sistema hidráulico permiten el accionamiento del giro de las palas sobre su eje y el sistema de orientación, que con la ayuda de la veleta, coloca el rotor perpendicular al viento.

La mayoría de los aerogeneradores eólicos consisten en un rotor de aspas que gira entorno a un eje que además, lo más habitual es que sea **horizontal con rotor tripala** a barlovento. Es el que tiene mejor estabilidad estructural, menor emisión de ruidos y el que da un rendimiento energético más alto.

Existen diferentes tipos de aerogeneradores:

Aerogenerador Darrieus. Cuentan con un eje vertical, sobre el que giran varias palas en forma de C. No necesitan ser orientados hacia el viento, son menos eficientes que los que tienen el eje horizontal y su velocidad de rotación también es menor, requiere ayuda para arrancar y como están pegados al suelo reciben menos viento.

Aerogenerador monopala, bipala o multipala. Para ahorrar la mayor cantidad de material y peso el número mínimo de palas es tres sin disminuir la eficiencia. Para vientos moderados se recomienda un aerogenerador multipala. Las ventajas fundamentales del monopala y del bipala es que rotan a mayores velocidades pero presentan problemas de estabilidad estructural y altas emisiones de ruidos.

Aerogenerador con rotor a sotavento. Si el rotor esta a barlovento, se evita que ningún elemento pueda frenar el viento o generar turbulencias. Tenerlo a sotavento implica tener las palas en la parte trasera, este sistema puede ser interesante para máquinas pequeñas, pudiendo utilizarse la carcasa de la góndola como veleta y así orientar el aerogenerador en dirección al viento sin tener que utilizar otros dispositivos.

7.1.4 Minieólica

Las instalaciones eólicas de pequeño tamaño pueden ser utilizados para instalaciones relacionadas con la alimentación de sistemas de telecomunicación, sistemas de bombeo, alumbrado público, alimentación de zonas aisladas dentro de espacios naturales o zonas rurales alejadas donde no llega la red eléctrica, en viviendas, edificios, infraestructuras públicas, gasolineras, etc.

Diferentes definiciones consideran a las instalaciones minieólicas aquellas que tienen potencias menores de 100 KW, aunque las instalaciones de microgeneración son todas las que tienen potencias menores de 1 MW. Como se puede observar en la siguiente ilustración cuentan con muchos de los elementos que se han explicado anteriormente y que se utilizan también en la gran eólica.



Ilustración 18. Aerogenerador minieólico

Esta tecnología tiene ventajas respecto a la eólica de mayor potencia como que pueden suministrar electricidad en lugares alejados de la red eléctrica, causan menor impacto visual con una mejora estética de los aerogeneradores, además de la reducción de las pérdidas eléctricas de las instalaciones de microgeneración. Las instalaciones son accesibles para pequeñas economías y su versatilidad es muy grande.

Además, de cara a un usuario corriente, sin estudios especializados, su instalación es sencilla y producen energía con vientos moderados aunque también pueden soportar elevadas velocidades de viento.

Hay instalaciones de muy baja potencia, que son las menores de 10 KW, éstas se utilizan para el autoconsumo aislado. Uno de los usos que se les puede dar además de la generación eléctrica es el bombeo de agua, las instalaciones con este uso se encuentran en muchas poblaciones con problemas de acceso a la red eléctrica.

En España la presencia de energía eólica de pequeña potencia no se ha aprovechado todavía, la microgeneración eólica es prácticamente inexistente, pese a que España es uno de los mayores productores mundiales de energía eólica convencional. Es muy útil para aportar energía renovable en forma distribuida y por este motivo uno de los objetivos que contiene el PANER es que la potencia en servicio aumente progresivamente hasta los 370 MW en 2020.

En cuanto al marco regulatorio, uno de los inconvenientes de esta tecnología es la falta de regulación y la insuficiencia de las retribuciones. Si hubiese un mayor apoyo a esta tecnología por parte de la administración pública este sector crecería mucho, ya que el mercado potencial en España de esta tecnología es muy grande.

Para poder alcanzar estos objetivos se debe cambiar la regulación y entre otras necesidades está la de diferenciarla de la eólica convencional, esta falta de diferenciación entre ambas tecnologías perjudica seriamente a la tecnología minieólica, la prima por KWh producido con energía minieólica tiene el mismo precio que la gran Eólica, además de requerirse toda la gestión y tramites de la gran eólica. La falta de regulación específica para esta tecnología y la insuficiencia de la retribución, primas e incentivos fiscales dificultan su rentabilidad, extendiéndose este aspecto también a las demás tecnologías de microgeneración. Se debe también facilitar su tramitación administrativa y su conexión a las redes de distribución, darle un marco retributivo adecuado que incentive estas instalaciones.

Existen diversas empresas españolas bien posicionadas y capacitadas para el lanzamiento de la tecnología minieólica tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Incluso, alguna empresa española productora de tecnología eólica está bien posicionada en el mercado internacional. Por lo tanto otra de las ventajas de esta industria puede ser la generación de empleo dentro de un mercado que está en proceso de crecimiento.

Actualmente, cualquier usuario puede llevar acabo la instalación de minieólica para la producción de electricidad para el autoconsumo, obteniendo un ahorro de la factura eléctrica y si está conectado a la red puede transferir sus excedentes, a través de la compañía distribuidora, al sistema al precio del mercado sumando los incentivos previstos para el régimen especial. Este sistema de incentivos esta regulado como se ha explicado en el apartado 4.

Por lo tanto, es necesaria una diferenciación de la minieólica y la gran eólica, se debe diferenciar la legislación y la regulación de la minieólica, e igualar también su retribución a la energía solar fotovoltaica.

7.1.4.1 Diseño de una instalación minieólica

En cuanto a las especificaciones de diseño, las micro-turbinas que se utilizan son de tamaño mucho menor que los aerogeneradores de la eólica convencional. La inversión en el diseño de estos sistemas no debe ser muy alta ya que tienen muy poca potencia y para buscar la mayor rentabilidad se debe tratar de hacer una inversión adecuada para conseguir estos beneficios.

Podemos estar hablando, por ejemplo, de un generador minieólico colocado en el tejado de una vivienda de una altura de 2 metros y el diámetro de las aspas puede estar entorno a los 3 metros. Esto son valores arbitrarios que más o menos podrían ser un valor medio de las diferentes instalaciones que hacen empresas especializadas.

El impacto visual existe, pero no es tan importante como la eólica convencional que simplemente el diámetro de las palas puede llegar a ser de 90 metros y se pueden diseñar esforzándose desde un punto de vista estético. En el apartado anterior de tecnología eólica se han explicado algunos de los tipos de aerogeneradores que existen, ahora mismo se puede elegir entre más de cien modelos de mini-aerogeneradores con diferentes tipos de prestaciones que se pueden adaptar a las diferentes necesidades de potencia, diseño y aplicación.

Si bien es cierto, los aerogeneradores que se utilizan para la tecnología minieólica suelen ser de eje horizontal, con rotor bipala o tripala a barlovento, el más utilizado es el tripala por su rentabilidad, por su elevada estabilidad, por la uniformidad de funcionamiento, porque la energía que produce es superior y también debido a que su contaminación acústica es menor.

La parte mecánica del aerogenerador está compuesta por la torre, la carcasa o góndola, las palas, el freno mecánico y la veleta (que se han explicado con anterioridad) y el sistema eléctrico está formado por el generador eléctrico, por el convertidor electrónico de potencia que está formado por el rectificador, un chopper, un inversor, los conductores y las protecciones eléctricas.

En cuanto a la selección del generador, se puede utilizar cualquier tipo de generador, en estos sistemas se puede ver por ejemplo un generador multipolar de

imanes permanentes o un generador de excitación de alta velocidad con multiplicadora de velocidad. Normalmente se evita el uso de la multiplicadora ya que el diseño es más complicado, emite más ruido por las altas velocidades y porque tienen peor eficiencia y fiabilidad que otros sistemas.

El generador es un elemento fundamental del aerogenerador, es el convertidor electromecánico, actualmente lo más habitual es la generación de energía alterna trifásica. Estos generadores pueden ser síncronos o asíncronos, se diferencian entre sí en la forma en que se magnetiza la máquina a través del rotor.

Un generador síncrono de imanes permanentes consta de un estator y de un rotor, las palas van unidas al rotor que lo mueven gracias al viento. Los imanes permanentes están dentro del rotor y son los que crean el campo magnético de la máquina. El estator está compuesto por chapas de acero magnético que aloja en sus ranuras los devanados del inducido, que es donde se inducirá una tensión de frecuencia proporcional a la velocidad de giro del rotor.

Un rectificador convierte la tensión alterna en tensión continua, transforma la corriente que sale del generador de imanes permanente de forma alterna en corriente continua. Esta corriente pasa al chopper, que es un convertidor continua-continua, que tiene como misión obtener una tensión continua generalmente estabilizada, esta tensión a la salida será mayor que a la entrada

El inversor es un convertidor continua-alterna, tiene como entrada una tensión fijada por el rectificador, que impondrá la velocidad de giro de la máquina optimizada para las condiciones de viento existentes en cada momento. Su función es transformar la tensión de salida del chopper a la tensión sincronizada a la tensión de red. La resistencia de frenado se utilizaría para detener la máquina si las condiciones lo requirieran, si las condiciones pudieran perjudicar al sistema o al aerogenerador. También se cuenta con un transformador, cuya función es reducir la tensión a la salida del inversor y así reducir las pérdidas en el chopper, que solo puede funcionar en un rango de tensiones determinado. Las palas suelen fabricarse con poliéster reforzado con fibra de vidrio o con fibras de carbono.

El coste actual de una instalación de microgeneración eólica es alto, pero a medida que aumente la demanda, éste irá disminuyendo. Y teniendo en cuenta que, dependiendo del mini-aerogenerador que se instale, una turbina eólica podría reducir la factura eléctrica entre el 50 y el 90%. Sabiendo que el consumo medio de un hogar está entre los 800 kWh y los 2000 kWh, con un mini-aerogenerador de 1,75 kW se amortizarían unos 600 kWh al mes, que ya que la media de consumo normal está en el límite inferior de 800 kWh, se amortizaría buena parte del consumo.

También es importante comentar que muchas instalaciones de minieólica se combinan con una instalación fotovoltaica, para poder sustituir la falta de viento o la falta de luz con la otra tecnología, se denominan tecnologías híbridas y son muy interesantes dentro de la microgeneración, a lo largo del proyecto serán nombradas en numerosas ocasiones ya que pueden utilizarse combinando las diferentes tecnologías, normalmente de dos en dos. Las instalaciones híbridas de energía eólica y energía fotovoltaica, son generalmente más rentables ya que aprovechan mejor las condiciones climatológicas, ya que en ausencia de sol se puede aprovechar la energía cinética del viento y cuando el caso sea el contrario se puede generar electricidad mediante la energía solar, facilitando que no se necesite acudir tanto a la red eléctrica para cubrir la demanda no cubierta.

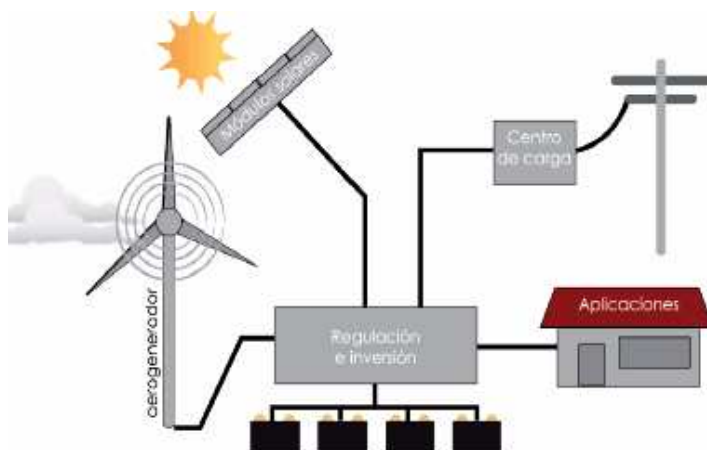


Ilustración 19. Diagrama simplificado de una instalación minieólica combinada con otra fotovoltaica

7.1.4.2 Instalación y conexión a la red eléctrica

Antes de realizar la instalación hay que hacer una estimación de la producción prevista para esa localización, hay que tener en cuenta factores orográficos, factores climatológicos y factores térmicos.

Otros factores que hay que tener en cuenta sobre el emplazamiento son: la rugosidad del terreno, la estabilidad atmosférica y la variación vertical con la velocidad del viento. Diferentes factores que afectan al emplazamiento de la instalación:

- La presencia de rugosidades como un bosque, o un conjunto de edificios, provoca una serie de turbulencias y frenarán el viento.
- La estabilidad atmosférica depende de los gradientes de temperaturas y de presiones, que influyen en las corrientes de viento.
- La velocidad del viento varía con la altura y también influye la rugosidad del terreno en la velocidad, necesitando más altura que en terrenos más lisos.
- Es muy importante conocer la velocidad del viento de la localización donde se hará la instalación y la frecuencia media anual del viento.

Se podrían hacer estudios exhaustivos para la localización más adecuada, pero como es una instalación pequeña el propietario debe elegir la ubicación más adecuada teniendo en cuenta estos factores. Si la propiedad fuera muy grande, una finca de muchísimas hectáreas y la instalación fuese mayor si que se recomendaría profundizar más en este estudio con mediciones mas precisas y adecuadas. Después de tener en cuenta la localización, hay que estudiar la regulación y el marco regulatorio en esa localización, las restricciones medioambientales y también estudiar condiciones técnicas como la dirección del viento evacuada.

Dentro de un centro urbano se pueden estudiar diferentes localizaciones:

- Instalación en el tejado o en el lateral de un edificio.
- Instalación entre dos fachadas con perfiles aerodinámicos.
- Instalación en un tubo a través de un edificio.
- Instalación en una zona abierta a una altura elevada

Posteriormente, se obtienen estimaciones de la potencia prevista para seleccionar el emplazamiento adecuado, para lo cual hay que estudiar el aerogenerador adecuado para el emplazamiento que se haya seleccionado.

En el Real Decreto 661/2007, en el artículo 5, referente a la autorización de instalaciones, pone como requisito indispensable para la autorización de la instalación la obtención de los derechos de acceso y conexión a las redes de transporte o distribución correspondientes. Además para que la instalación sea acogida dentro del régimen especial deberán solicitar ante la Administración competente su inclusión dentro de los diferentes grupos que se reconocen dentro del régimen especial

Para la conexión del sistema a la red se tiene que hacer conforme al reglamento electrotécnico de baja tensión, los problemas de conexión a la red de las tecnologías de microgeneración se explicarán en los siguientes apartados

7.1.4.3 Ejemplos de aplicación

En el Departamento de Industria de Navarra se instaló el año pasado un aerogenerador de tecnología minieólica conectado a la red eléctrica. Es el primer aerogenerador urbano comercial que se conecta a la red eléctrica española y fue puesto en marcha por ALBA RENOVA.



Ilustración 20. Aerogenerador instalado en el departamento de industria de Navarra.

La empresa Home Energy es una empresa internacional dedicada al sector renovable que ha comercializado un aerogenerador llamado Energy Ball V100, es una turbina cónica que tiene forma de balón o pelota para uso doméstico. Este aerogenerador tiene sus 6 paletas en forma de esfera, girando todas alrededor de su eje.



Ilustración 21. Energy Ball del la empresa Home Energy.

La novedad de este aerogenerador y el motivo por el que ha llamado mi atención es que en vez de utilizar un aerogenerador tripala, la Energy Ball utiliza para su funcionamiento el efecto de Venturi, que facilita el aprovechamiento del viento que queda dentro de la turbina. Así, gracias a esta pequeña esfera se optimizan los resultados energéticos con un menor esfuerzo, además de poder funcionar incluso con vientos suaves, y produce menos ruido.

Además, tiene un diseño que mejora mucho la estética de otros aerogeneradores como el de ALBA RENOVIA. El Problema es que los diseños actuales son pequeños llegando a 1,5 KW.

Otro ejemplo, es la empresa española Bornay Aerogeneradores, que es una de las empresas referentes a nivel internacional de aerogeneradores de pequeña potencia, tienen diferentes tipos de aerogeneradores de características técnicas específicas.

Además de instalaciones de aerogeneradores conectados a la red, es interesante la instalación híbrida que tienen de minieólica y fotovoltaica, la instalación se compone de un aerogenerador de diferentes tipos de potencia, de paneles solares y de un inversor para sincronizar la energía generada por el aerogenerador y los paneles fotovoltaicos y produce el vertido con la red eléctrica.

En la ilustración que sigue se puede ver un esquema de la instalación híbrida que combina la instalación minieólica y de paneles fotovoltaicos y conectados a la red eléctrica.



Ilustración 22. Instalación híbrida de la empresa Bornay.

Los aerogeneradores son de diferentes dimensiones y las potencias están entre los valores de 800 W y 6 KW, y también diferentes tipos de placas fotovoltaicas.

7.2 Energía solar fotovoltaica

7.2.1 Definición

La energía solar es una energía renovable, limpia y de fuente inagotable. Es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol, la radiación solar se puede transformar en electricidad o en calor. Además, este calor también se puede utilizar para producir vapor y generar electricidad. Hay tres tipos de energía solar: energía fotovoltaica, energía térmica y energía termoeléctrica.

La **energía fotovoltaica** es la transformación directa de la radiación solar en electricidad, que se produce mediante los paneles fotovoltaicos. La radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor situado en los paneles generando una pequeña diferencia de potencial que se aprovecha para generar electricidad.

Los paneles solares están compuestos por células fotovoltaicas, que se agrupan diferentes células fotovoltaicas en paneles normalmente rectangulares.

Algunas características con las que cuenta la energía solar fotovoltaica son el nulo impacto ecológico, su estado como fuente inagotable y su elevada calidad como fuente energética.

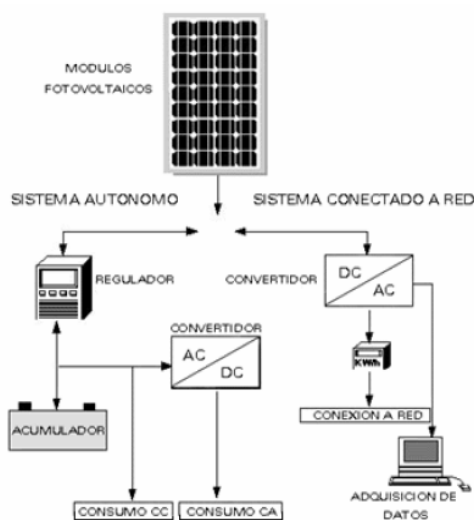


Ilustración 23. Esquema de un sistema fotovoltaico y ejemplo de instalación fotovoltaica aislada [20]

La energía fotovoltaica tiene muchas aplicaciones en sistemas aislados y conectada a la red eléctrica o en centrales de gran tamaño. Comparándola con otras fuentes energéticas, en especial los combustibles fósiles, la contaminación atmosférica es mucho menor y su utilización evita las emisiones de CO₂.

La energía solar tiene diferentes aplicaciones, como el calentamiento de agua sanitaria (ACS), la calefacción por suelo radiante, la climatización de piscinas y usos emergentes como el de climatización o frío solar alimentando a bombas de absorción en viviendas y el precalentamiento de agua para procesos industriales.

Los beneficios medioambientales de esta tecnología son muy elevados. Se puede considerar además como una tecnología madura que ha crecido mucho en los últimos años habiendo muchas instalaciones en uso en la actualidad a nivel mundial.

7.2.2 Estado de la Energía Solar

España es un país con unas condiciones para la Energía Solar muy positivas, con muchas horas de radiación solar. Hay muchas empresas especializadas en este sector y hay muchos centros dedicados a la investigación en energía solar. España es uno de los países europeos que mejor aprovecha la energía solar y ha alcanzado la madurez tecnológica en este sector. De todas formas, la energía solar debería tener un peso más importante dentro del sistema energético español.

El crecimiento europeo de los últimos años se ha debido sobretudo a los mecanismos de fomento que algunos países han llevado a cabo. En España se llevó a cabo un cambio en la regulación que provocó un crecimiento muy alto de la industria fotovoltaica. En el año 2009, en la producción eléctrica en España la energía solar fotovoltaica ocupó el tercer puesto de producción dentro de las tecnologías renovables.

Los países de la Unión Europea son los líderes mundiales de desarrollo fotovoltaico mundial, y dentro de la Unión Europea España y Alemania lideraron la instalación solar fotovoltaica en el 2008, situando de esta forma a España en el segundo lugar después de Alemania de potencia acumulada en instalaciones fotovoltaicas.

A partir de esta situación, el mercado fotovoltaico cambió de orientación hacia la edificación, como se puede ver a través de las diferentes directivas, en 2008 se estableció un plazo de 12 meses en el que las instalaciones que fueran inscritas en el registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial (RIPRE) tendrían derecho a una tarifa regulada establecida en el Real Decreto 661/2007. Especial relevancia en la energía solar ha tenido el código técnico de edificación.

En relación a las instalaciones de microgeneración de energía solar fotovoltaica, a continuación se puede observar un gráfico de la potencia instalada, los datos se han extraído de la CNE, con datos actualizados a fecha de agosto de 2010.



Ilustración 24. Evolución de la potencia instalada de tecnología de microgeneración de energía solar. [7]

Como se puede observar hay un crecimiento muy elevado entre los años 2006 y 2008 de instalaciones de energía solar en España. Según la Asociación de la Industria Fotovoltaica el crecimiento desmesurado en el 2008 se ha debido a diferentes motivos, como la ausencia de un límite de potencia máxima a instalar, a que la tarifa fotovoltaica que se fijó al bajar los cotes de producción se quedó demasiado elevada y a se dieron facilidades crediticias muy altas. También se pudo hacer efectivo porque el sistema

eléctrico español pudo absorber el volumen de la energía instalada y además se suavizaron las barreras administrativas regionales.

En la actualidad con datos de 2010 hay 52.057 instalaciones de microgeneración basadas en tecnología solar en España acogidas al régimen especial, en la siguiente ilustración podemos ver la energía vendida a la red eléctrica.

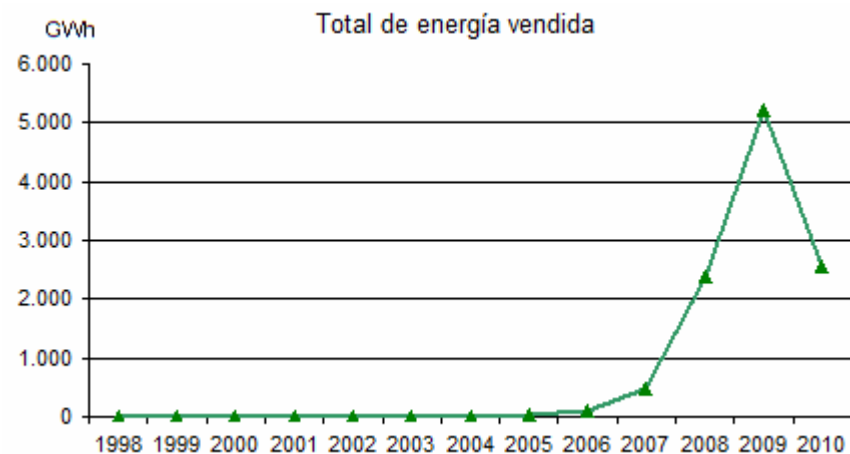


Ilustración 25. Evolución de la energía vendida dentro del régimen especial. [7]

Se observa también el crecimiento entre los años 2006 y 2008, aunque verdaderamente es el pasado año en el que hay un verdadero crecimiento en la venta de energía solar en régimen especial. Como se comentó en el apartado de energía eólica, la bajada de la venta en el año 2010 no tiene importancia al faltar el registro de la venta justamente de los meses de verano, que son los que tienen mayores horas de aprovechamiento diario. También es importante anotar que en las instalaciones solares varias pueden ser de un mismo productor pero están registradas como instalaciones independientes, justamente para poder aprovecharse de las primas.

Dentro de las previsiones referidas a la energía fotovoltaica que se encuentran en el PANER, se espera un crecimiento de la energía solar fotovoltaica de 4346 MW entre el 2011 y 2020 tanto en edificaciones como en suelo, obteniendo una potencia acumulada de 8367 MW. Y concretando en la microgeneración fotovoltaica se espera un crecimiento a partir del año 2015, a medida que se alcance la paridad del coste de generación y del coste de la energía para el consumidor. [6]

7.2.3 Tecnología solar

La energía fotovoltaica está basada en el **efecto fotoeléctrico**, que consiste en la emisión de electrones que son activados por la energía solar, básicamente es la transformación de la energía luminosa en energía eléctrica. Un elemento fundamental son los **paneles** que están formados por **células o celdas fotovoltaicas**. Estas son las responsables de producir electricidad o energía eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos tienen **conexiones eléctricas** y cuentan con un **regulador de carga**, que es un dispositivo que tiene la finalidad de proteger la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas. El regulador de tensión controla el estado de carga de las baterías y también regula la intensidad de carga de las baterías.

El **sistema de distribución** es el encargado de transportar el fluido caliente desde los captadores al punto de consumo, hay diferentes tipos: instalaciones de circuito abierto, de circuito cerrado, de circulación forzada de agua y de circulación natural o con termosifón. Para poder aprovechar al máximo esta tecnología se debe disponer de un **sistema de almacenamiento**, encargado de acumular la energía obtenida para que se pueda utilizar cuando sea necesario, otra de sus funciones es proveer una intensidad de corriente superior que la del dispositivo fotovoltaico. Hay diferentes tipos de baterías.

También cuentan con un **inversor de corriente** para poder conectarlo a la red, convierten la corriente continua de la instalación fotovoltaica a corriente alterna. Hay dos tipos: inversores de conmutación natural e inversores de conmutación forzada o auto-conmutados.

El modelo más desarrollado en España es el conocido como huerta solar, que es la agrupación de varias instalaciones pequeñas que son de diferentes propietarios, cada instalación con un máximo de 100 kW, que es el máximo que establecía la administración para su posible venta a la red eléctrica. Muchas de estas instalaciones tienen partes móviles para aprovechar al máximo la energía del Sol y dirigir su movimiento siguiendo el del sol.

7.2.4 Microgeneración solar

La energía solar fotovoltaica es muy interesante dentro de las tecnologías de microgeneración, es una de las tecnologías más adecuadas para la microgeneración. Su comercialización e instalación es muy sencilla, pese a ser elevado el coste inicial para su instalación, es una tecnología rentable y la amortización puede ser a corto plazo.

La microgeneración consiste en el auto abastecimiento, estando conectada a la red eléctrica para poder volcar los excedentes y en el caso de falta de energía y necesidad para poder tener un apoyo en la red y comprar la potencia necesaria.

Son muchos los factores positivos de una instalación fotovoltaica en una vivienda, además permite una rebaja sustancial en la tarifa eléctrica pudiendo cubrir la totalidad o por lo menos una buena parte de uso eléctrico de la vivienda, dependiendo del dimensionamiento de la instalación y del uso eléctrico que tiene que cubrir ésta.

Otro punto positivo de la instalación fotovoltaica es su durabilidad al carecer de elementos mecánicos que se desgastan, no suelen tener averías y su vida útil está entre los 20 y los 30 años. También hay que destacar que su mantenimiento es muy sencillo, entre sus grandes ventajas está modularidad, es decir, es sencillo aumentar o reducir la potencia instalada, pudiendo de esta forma adaptarse a las necesidades requeridas.

En los últimos años, la utilización de la energía fotovoltaica en la edificación ha aumentado considerablemente. Para conseguir una mejor integración del elemento fotovoltaico en los edificios, es necesario tener en cuenta la instalación fotovoltaica desde el inicio el diseño, y así no tener que sacrificar parte del rendimiento energético por mantener la estética del edificio. Muchos arquitectos, están utilizando las placas solares como parte del diseño de los edificios sustituyendo elementos que formaban parte de este diseño, contando de esta forma con otra utilidad además de la energética.

Se considera tanto a nivel europeo como en España que el futuro de la edificación contará con instalaciones fotovoltaicas, tanto en instalaciones aisladas como instalaciones conectadas a la red eléctrica.



Ilustración 26. Ejemplo de una instalación fotovoltaica en la edificación.

En cuanto a la regulación, está mejor adaptada que las instalaciones minieólicas, que no se diferencian en la regulación de la gran eólica, lo que perjudica mucho su utilización como tecnología de microgeneración.

El sistema de primas que se ha aplicado en Europa ha sido muy positivo y ha ayudado a su implantación, en España existe actualmente un sistema de primas para las instalaciones conectadas a la red. Además, las comunidades autónomas tienen autoridad legal para establecer ayudas adicionales (por ejemplo, para instalaciones en áreas urbanas), pero de forma muy limitada y con menos relevancia.

El Real Decreto 1578/2008, modifica el Real Decreto 661/2007 para la energía solar fotovoltaica en cuanto a las retribuciones, diferenciándose de esta forma de las demás tecnologías renovables que se pueden acoger al régimen especial. Se hace referencia al elevado crecimiento de la potencia instalada de la tecnología solar fotovoltaica por encima de lo que se esperaba y propone aumentar el objetivo de esta tecnología conectado a la red, acompañado de un nuevo régimen económico que estimule la evolución tecnológica y la competitividad de las instalaciones fotovoltaicas en España a medio y largo plazo.

Este Real Decreto define dos tipologías de instalaciones solares: en suelo y en edificios, con cupos para cada tecnología. Las tarifas serán decrecientes para las nuevas instalaciones y los cupos crecientes en la misma proporción. Con el nuevo régimen económico se pretendía reconocer las ventajas de las instalaciones integradas en edificios como sistemas de generación distribuida, así no aumentan la ocupación de terrenos y porque contribuyen a la difusión de las energías renovables socialmente.

Para garantizar un mercado mínimo para el desarrollo de la tecnología solar fotovoltaica y asegurar también la continuidad del sistema de apoyo, se establece un mecanismo de retribución mediante la inscripción en un registro de asignación de la retribución que otorgue seguridad jurídica a los promotores.

También se quiere evitar la parcelación de grandes instalaciones en pequeñas de muchos titulares como se ha comentado explicando la energía vendida a la red eléctrica de la ilustración 25. De esta forma se quitaban este problema de dividir grandes instalaciones en múltiples parcelas, pese a que en la práctica era una gran instalación solo que desde el punto de vista retributivo tenía otra forma. Es necesario que se incremente la eficiencia de los paneles solares ya que es un freno para la difusión de la energía solar fotovoltaica, aunque en los últimos años ha mejorado su eficiencia, todavía es necesaria una mejora mayor.

7.2.4.1 Diseño de una instalación de microgeneración fotovoltaica

Una planta solar fotovoltaica esta formada por diferentes elementos como los paneles fotovoltaicos, las baterías, los reguladores de carga, el inversor, un contador, el sistema de protección y el sistema eléctrico. Algunos se han explicado en el apartado de tecnología solar.

Los **paneles solares** son los encargados de captar la energía solar y transformarla en energía eléctrica, se denomina también generador fotovoltaico. Estos paneles están formados por **células o celdas fotovoltaicas** es una unidad formada por materiales semiconductores capaces de producir, mediante una unión p-n, una barrera de potencial que haga posible el efecto fotovoltaico, transformando la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones).



Ilustración 27. Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red.

Las células están conectadas entre sí como un circuito en serie o en paralelo. Cada célula está compuesta por dos capas delgadas de silicio, separadas por un semiconductor. Los fotones que provienen de la radiación del sol inciden con la superficie de una de las capas, que es cuando liberan los electrones de los átomos de silicio atravesando la capa de semiconductor.

Los paneles fotovoltaicos están formados también por un cristal transparente, una de sus funciones es proteger las células de posibles agresiones atmosféricas y de elementos externos. Los paneles fotovoltaicos tienen también un cerramiento inferior, que tiene la finalidad de aislarlo del exterior, además de estar compuesto por materiales específicos de características resistentes a la corrosión para evitar las agresiones debidas a la humedad y también para estar bien aisladas del exterior.

Para obtener más energía de las células fotovoltaicas se utilizan lentes o espejos para concentrar la radiación solar sobre las células. Estos sistemas con concentradores necesitan ser refrigerados para evitar el sobrecalentamiento de las células.

El **regulador de carga** se encarga de proteger y garantizar el mantenimiento de la carga para que no pueda sobrecargarse peligrosamente y también evita que la energía captada por los paneles deje de ser aprovechada. Un regulador de calidad protege la batería, prolongando la vida útil de la misma y por tanto la del sistema. El regulador debe detectar y medir el voltaje constantemente para impedir que la batería siga recibiendo energía del panel fotovoltaico cuando haya alcanzado su carga máxima, y también, en cuanto al proceso de descarga de la batería para que no sobrepase un

determinado valor agotándose la carga de la batería. Para que el usuario tenga conocimiento ante estas situaciones incorporan **alarmas sonoras o luminosas**.

Por otro lado, está el **Inversor o convertidor** de la energía eléctrica es dispositivo encargado de transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna necesaria para alimentar algunas cargas, o para introducir la energía producida en la red de distribución eléctrica.

Viene caracterizado por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la de las baterías, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. En estos tipos de instalaciones se deben emplear inversores de alta calidad (inversores senoidales) que convierten la corriente proveniente de los paneles en otra de características idénticas a la de la red. Suele tratarse de convertidores específicos para esta aplicación.

Tienen también una importante función los **Contadores**. El contador es un elemento que contabiliza la cantidad de electricidad inyectada a la red y también se debe tener otro contador para registrar el consumo que se hace de la red.

Por otro lado, está también todo el **sistema eléctrico** que es necesario para la instalación y la importante función del **sistema de protección** que tiene diferentes elementos, como pueden ser los interruptores de desconexión, los diodos de bloqueo, protecciones eléctricas, etc., dispuestos entre diferentes elementos del sistema para proteger la descarga y derivación de elementos en caso de fallo o situaciones de sobrecarga.

El dimensionamiento de la instalación depende de la potencia que se quiera instalar y del tipo de módulos que se utilice, pero en general se considera que se debe contar con que cada kWp de módulos ocupa una superficie de unos 10 m².

7.2.4.2 Instalación y conexión a la red eléctrica

Para llevar a cabo la instalación primero hay que contar con una línea de distribución eléctrica cercana. Los sistemas fotovoltaicos pueden ocupar diferentes localizaciones urbanas, en tejados de edificios, plantas de producción en zonas rurales o en superficies urbanas (como aparcamientos, centros comerciales...) o integrados estéticamente en edificios.

La integración en edificios es muy interesante, cada vez hay más formas de utilizar las instalaciones solares en los edificios cumpliendo otras funciones como de acabado en tejados o fachadas, como cubierta de paso de dos edificios, en porches, como parasoles, etc. Hay células fotovoltaicas con forma de teja o de vidrio para ventanales, con diferentes formas para adaptarse a la perfección a otras posibles funciones de la edificación. En cuanto a la posible localización hay que estudiar si estructuralmente será posible, ya que el sistema fotovoltaico puede ser pesado y que no aguante la estructura, así como tener en cuenta las fijaciones, si va a ser posible fijar el sistema fotovoltaico a la estructura.

Hay que tener en cuenta la climatología, si las precipitaciones son abundantes, y otros factores meteorológicos como el viento, y por supuesto, la frecuencia de horas de sol anuales. El sistema fotovoltaico depende de la radiación solar y de la temperatura de funcionamiento. Hay unas condiciones estándar para las dos. La gran variedad de condiciones atmosféricas y topográficas del Estado español y el amplio rango de latitudes, genera una enorme diversidad de situaciones de radiación que condicionan los

cálculos del tamaño de una instalación. La radiación varía según el momento del día. Sin embargo, también puede variar considerablemente de un lugar a otro, estas variaciones se deben a las condiciones climáticas y a la diferencia con respecto a la posición relativa del sol

La orientación y la inclinación de los paneles solares es de suma importancia para la instalación fotovoltaica. En ausencia de luz solar directa puede generar electricidad, pero si que es necesaria una orientación adecuada hacia el Sol para aprovecharla al máximo. En el Hemisferio Norte, el panel deberá orientarse hacia el sur y en el Hemisferio Sur, hacia el Norte.

La inclinación es en función de la latitud de la localización $\pm 20^\circ$, también de sí se trata de una instalación fija o móvil, y de la época estacional del año. Se recomienda inclinaciones superiores a los 15° por las posibles precipitaciones. Y por la nieve la inclinación debe ser superior a los 45° . La orientación y la inclinación de los paneles solares debe ser la adecuada para optimizar la instalación y conseguir los objetivos iniciales de la instalación, una buena elección de la disposición de los paneles es muy importante. En relación a la orientación y a la inclinación, podemos tener en cuenta la posibilidad de utilizar seguidores, que son dispositivos que colocan los paneles con la orientación y la inclinación adecuadas para que los rayos solares incidan de forma perpendicular a la placa. Estos seguidores se utilizan cuando la instalación se coloca sobre el suelo y no sobre edificios o en edificios.

Otro factor que hay que tener en cuenta sobre la situación son las sombras, las sombras que pueden cubrir los paneles por los objetos que los rodeen. Restan profundamente la eficacia de las instalaciones, por lo tanto, también es importante la distancia que hay entre módulos fotovoltaicos, que si no están lo suficientemente separados pueden provocar estas sombras.

El dimensionamiento de la instalación debe hacerse en función a la potencia y a las necesidades de la instalación, hay que calcular el número de paneles y sus dimensiones. También se debe hacer el dimensionamiento eléctrico del cableado y de los demás dispositivos (inversor, regulador, protecciones...).

Se deberán hacer de todas formas comprobaciones y pruebas de la instalación, así como un cálculo de la producción anual esperada de la instalación.

En relación a las autorizaciones y permisos de la instalación, se debe hacer un proyecto en el que vengas las especificaciones y características de la instalación con el cumplimiento de la normativa vigente en España y en la Comunidad Autónoma donde se lleve a cabo la instalación y la conexión a la red eléctrica.

Las instalaciones fotovoltaicas deben seguir otro procedimiento diferente que las demás tecnologías de régimen especial. Deben también inscribirse, para poder tener derecho a la retribución recogida en el RD 1578/2008, al registro de preasignación de retribución.

El Real Decreto 1578/2008, determina la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica y se definió un nuevo régimen económico, además de la creación de un **registro de preasignación de retribución para la tecnología fotovoltaica (PREFO)**. El nuevo marco se basa en un sistema de cupos crecientes y tarifas decrecientes, que potencia las instalaciones sobre edificaciones.

Tienen que acogerse a los cupos de potencia para la inscripción, que están en el Real Decreto. Para la inscripción deben presentar la siguiente documentación [21]:

a) Autorización administrativa de la instalación, otorgada por el órgano competente, y concesión del acceso y conexión a la red de transporte o distribución correspondiente.

b) Licencia de obras del proyecto de instalación, otorgado por el órgano competente.

c) Resguardo de constitución del aval a que hace referencia el artículo 59 bis o 66 bis del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, o, en su caso, el previsto en el artículo 9 del presente real decreto otorgado por el gestor de la red.

d) Inscripción definitiva en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial dependiente del órgano competente, si la instalación dispusiera de ella.

La potencia máxima de los proyectos o instalaciones que sean inscritos en el Registro de preasignación de retribución no podrá superar los 2 MW o los 10 MW para instalaciones de tipo I o II del artículo 3 de este real decreto, respectivamente.

También se debe solicitar la solicitud al punto de conexión a red a la compañía suministradora de electricidad de la zona. A partir de las autorizaciones, podemos empezar con la instalación, aunque se deberían seguir realizando trámites.

7.2.4.3 Ejemplos de aplicación

Un ejemplo de aplicación de una instalación integrada que es muy interesante es un proyecto de la empresa Generació Fotovoltaica S.L que es el mayor instalador de energía fotovoltaica de Baleares. Es una instalación de 237 kWp de potencia que tiene la peculiaridad que los paneles solares sirven como marquesinas de una parada de autobuses de la EMT en Palma de Mallorca.

La instalación, como se puede ver en la siguiente ilustración es muy grande y también está conectada a la red eléctrica.



Ilustración 28. Instalación fotovoltaica de la empresa Gereació Fotovoltaica S.L

Otra llamada Isofotón, que tiene su sede en Madrid, realizó una instalación en el colegio de Coslada (Madrid) que se puede observar en la siguiente ilustración.



Ilustración 29. Instalación en el colegio de Coslada, realizada por la empresa Isofotón. [22]

Y además tienen otros proyectos que son muy interesantes si los llevan a cabo y son ejemplo de integración urbana.

En la ilustración que sigue se puede ver algunos de ellos que resultan muy interesantes e incluso se puede decir que son estéticamente muy buenos. Como un parque en Sevilla, un proyecto para el Estadio Santiago Bernabeu en Madrid, mobiliario urbano, o aparcamiento fotovoltaico.

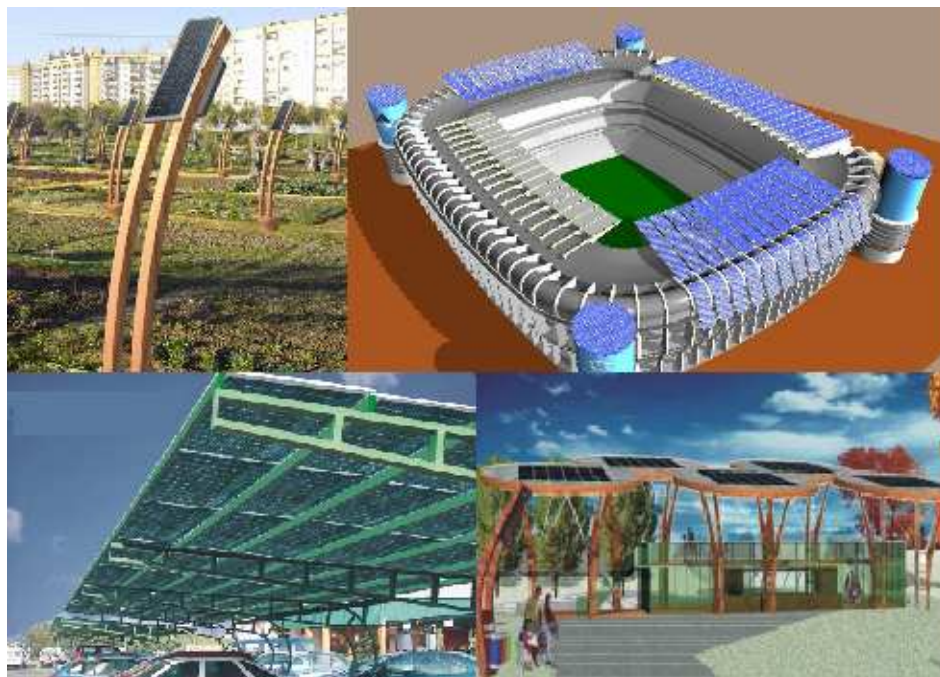


Ilustración 30. Proyectos de la empresa Isofotón. [22]

7.3 Energía geotérmica

7.3.1 Definición

La energía geotérmica es la energía que puede obtenerse mediante el calor interno de la Tierra. Se obtiene a partir de la diferencia de temperaturas que existen en el interior de la Tierra, lo que se entiende como gradiente de temperaturas.

El Consejo europeo de la Energía Geotérmica (EGEC), la define como la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la Tierra.

El Instituto Geológico y Minero de España la define como fuente de energía renovable abundante, de explotación viable, técnica y económicamente, que evita emisiones de gases de efecto invernadero y cuya existencia en nuestro subsuelo se ha probado, por lo que podría ser utilizada.

Curiosamente, el resto de las energías renovables extraen la energía de la radiación solar, unas de forma directa como la energía solar y otras de forma indirecta como la energía eólica, la energía de la biomasa o la energía hidráulica. Sin embargo, la energía geotérmica aprovecha el calor del interior de la Tierra. El calor del interior de la Tierra se produce principalmente por dos motivos: el primero es la desintegración de isótopos radiactivos y el segundo son movimientos diferenciales entre las distintas capas que constituyen la Tierra y del calor latente de la cristalización del núcleo externo.



Ilustración 31. Imagen de pozos geotérmicos.

El calor desprendido desde el interior de la Tierra a las capas exteriores se denomina recurso geotérmico, que se puede utilizar para usos térmicos o usos eléctricos. La explotación del recurso geotérmico debe hacerse con un número par de pozos, por unos pozos se obtiene el agua caliente del interior de la Tierra y por su par se devuelve el agua ya enfriada. Un aspecto positivo en comparación con la energía solar o la eólica es que es una energía que se puede aprovechar de forma continua y no depende del clima como éstas, se puede disponer de ella siempre que sea requerido. Es una energía renovable gestionable, que permite aportar la seguridad de suministro y por lo tanto estabilidad al sistema eléctrico, algo de lo que carecen la solar y la eólica.

Es una energía limpia en comparación con las energías convencionales y está clasificada dentro de los distintos tipos de energías renovables. Genera muy pocos residuos, no produce gran contaminación ambiental ni tampoco acústica ya que no se

produce ningún proceso de combustión, pero es una tecnología de la que no se puede disponer en todos lados sino que se encuentra en lugares específicos y no se puede transportar. Aunque es cierto que puede producir perjuicios para el medioambiente con la perforación, porque modifican la estructura superficial del terreno y pueden dañar las plantas situadas en la zona de la perforación. Otro de los problemas medioambientales que provocan es la contaminación del agua por culpa de los reventores y el perjuicio que provoca la instalación de tuberías.

También, durante la operación de la planta se pueden descargar al ambiente sustancias contaminantes o agentes químicos contaminantes que están disueltos en los fluidos geotermales: Dióxido de Carbono (CO_2), Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), etc.

Las aguas de deshecho de las plantas geotermales también pueden provocar la contaminación ambiental, al tener entre otras cosas una temperatura diferente, y además al contener constituyente químicos como el Boro, Flúor o Arsénico su descarga es una fuente de contaminación muy perjudicial.

El marco normativo de la energía geotérmica está en legislación minera, en la **Ley 22/1973**, modificada por la **Ley 54/1980**, y en la UE a partir de la Directiva 2009/28/CE, se establece la obligación de contar para 2012 con sistemas para la acreditación de autorizaciones para instalaciones de geotermia somera y se fomenta también a través de esta directiva el uso de la energía geotérmica.

7.3.2 Estado de la energía geotérmica

La utilización de la energía geotérmica para la generación eléctrica está todavía en proceso de desarrollo en muchos países. Y en España su utilización se podría decir que es prácticamente nula. Sobre todo se le da un uso no eléctrico, como su utilización para bombas de calor, para baños, sistemas de calefacción, utilización en invernaderos, en procesos industriales, etc. Tradicionalmente, el empleo geotérmico se había hecho a pequeña escala, pero en los últimos años se han incluido proyectos colectivos a gran escala de calefacción urbana y producción de ACS.

En países como Islandia, EEUU, China, Japón, Francia, etc., han desarrollado mucho la calefacción ambiental y de distrito. Estos sistemas requieren una gran inversión de capital inicial, en cambio, los costes de operación son muy bajos.

La generación a partir de energía geotérmica instalada en el mundo a finales de 2009 estaba en 10,7 GW para la generación eléctrica y de 50,6 GW para usos directos. Además, se están llevando a cabo investigaciones y se está invirtiendo en diferentes proyectos desde 2008 que están en desarrollo y se completarán para el año 2015. [23]

Según las perspectivas del IEA el crecimiento de la energía geotérmica va a ser muy alto, para el año 2050 se espera que la producción energética mediante geotermia será mayor de 1000 TWh, lo que supondría el 1% de la generación eléctrica mundial.

En la Tabla siguiente se pueden ver los países en los que la energía geotérmica tiene una mayor presencia. España no pertenece a este grupo de países ni en cuanto a generación eléctrica, ni tampoco para el uso directo de la energía geotérmica. Hay que destacar países como Islandia en la que el peso de la energía geotérmica para la generación eléctrica es del 25% o en El Salvador con el 22%. En cuanto al uso directo de la energía geotérmica, se emplea en más de 70 países y en el 2009 el crecimiento respecto al 2005 ha sido muy significativo llegando a un valor de crecimiento del 60%.

Producción eléctrica geotérmica		Uso directo geotérmico	
País	GWh/año	País	GWh/año
United States	16603	China	20932
Philippines	10311	United States	15710
Indonesia	9600	Sweden	12585
Mexico	7047	Turkey	10247
Italy	5520	Japan	7139
Iceland	4597	Norway	4055
New Zealand	4055	Iceland	6768
Japan	3064	France	3592
Kenya	430	Germany	3546
El Salvador	1422	Netherlands	2972
Costa Rica	1131	Italy	2762
Turkey	490	Hungary	2713
Papua New Guinea	450	New Zealand	2654
Russia	441	Canada	2 465
Nicaragua	310	Finland	2 325

Tabla 7. Top-15 de países que dan uso a la energía geotérmica. [23]

Actualmente, en relación a las instalaciones de baja entalpía, en el mercado ya existen una amplia gama de bombas de calor geotérmico renovable de distintos tipos y con una amplia serie de potencias, de precio asequible, que deben ser instaladas por personal cualificado para dicha instalación y su mantenimiento. En España la energía de baja entalpía está más extendida que la de alta entalpía.

La Geotermia de alta entalpía es una fuente de energía emergente en nuestro país y todavía se encuentra en fase de desarrollo, pero ofrece un enorme potencial para la generación eléctrica en continuo, lo que facilitará su crecimiento en los próximos años. Además, en España no hay ninguna instalación geotérmica acogida al régimen especial, aunque se confía que en los próximos años se avanzará en este aspecto.

Según el PANER, se estima que a partir del 2015 se llevarán a cabo proyectos de geotermia en distritos, proyectos que están en fase de desarrollo e investigación y en proceso de trámites administrativos, se prevé una potencia eléctrica en el PANER de 50 MW. Otras previsiones para el año 2020 estiman que se podrá alcanzar una potencia instalada para el año 2020 de 1000 MW eléctricos y 300 MW térmicos, y para el año 2030 en 3000 MW eléctricos y 1000 MW térmicos, siempre que se pueda contar con un marco regulatorio y financiero favorable. [24]

Los motivos por los que en España hay muy pocas instalaciones es por el poco interés de los promotores inmobiliarios en el uso de esta tecnología para instalaciones de calefacción o ACS, por la falta de apoyo institucional, por la falta de promoción de empresas de esta industria en España, tampoco ayuda que no hay una reglamentación específica, también se debe al crecimiento de otras tecnologías renovables que acaparan el mercado como pueden ser la energía eólica o energía solar fotovoltaica, además de al desconocimiento casi generalizado de esta tecnología por la sociedad española, etc.

7.3.3 Tecnología geotérmica

La energía térmica de la Tierra es enorme, pero solo se puede utilizar una pequeña fracción de ella. Los sistemas geotérmicos están compuestos por tres elementos principales que son una fuente de calor, los reventores, que son un volumen de rocas

calientes permeables de las que se puede extraer calor y suelen tener características porosas y un fluido geotermal, que suele ser agua con sustancias químicas disueltas.

La utilización de la energía geotérmica está basada en el gradiente geotérmico. El gradiente geotérmico depende de la zona geográfica y es el aumento de la temperatura con la profundidad en la corteza terrestre. El flujo convectivo lo crea la diferencia de temperatura entre las zonas profundas de temperatura caliente y las zonas superficiales que tienen una temperatura más fría.

La convección de fluidos genera un sistema de circulación que sustenta los sistemas geotérmicos. El calor suministrado en la base calentando el fluido que asciende y es sustituido por el fluido frío de menor densidad, que desciende. En estos sistemas el agua se puede reinyectar a los pozos para reducir el impacto ambiental de los sistemas geotérmicos, además dependiendo del lugar del sistema en algunos proyectos geotérmicos el conjunto de rocas es artificial. En un sistema geotérmico, la recarga de energía tiene lugar por el ingreso del agua termal al mismo ritmo que se extrae, por eso la energía geotérmica es un recurso energético renovable. Todos los sistemas geotérmicos a excepción de las bombas de calor de fuente térmica están ligados a la presencia de agua de recirculación, a través de la roca, para atraer el calor.

La energía geotérmica tiene diferentes usos en función del tipo de yacimiento:

- Los recursos geotérmicos de alta temperatura se aprovechan principalmente para la producción de electricidad, que es cuando los yacimientos están a temperaturas superiores a los 150°C.
- Cuando la temperatura del yacimiento no es suficiente para producir energía eléctrica, la temperatura está entre 100 °C y 150 °C. Sus principales aplicaciones son térmicas.
- En el caso de temperaturas por encima de 25 °C y por debajo de 100 °C puede hacerse un aprovechamiento directo o a través de bomba de calor geotérmica para calefacción y refrigeración.
- Cuando se trata de recursos de temperaturas muy bajas (por debajo de los 25°C) las posibilidades de uso están en la climatización y obtención de agua caliente.

Un equipo de climatización geotérmica tiene como elementos: una bomba geotérmica, un intercambiador introducido en el subsuelo formado por un conjunto de colectores y una bomba hidráulica que bombea la solución de agua con glicol que fluye por los colectores.

La refrigeración con sistemas geotérmicos es posible mediante equipos de absorción, un ciclo de absorción es un proceso que utiliza el calor como fuente de energía en vez de electricidad. Se consigue mediante dos fluidos, un refrigerante (que circula, se evapora y se condensa) y un fluido (que absorbe el calor). La utilidad del aire acondicionado geotermal es muy interesante, funcionan mediante el uso de bombas de calor, además, el uso de bombas de calor es el principal de los sistemas geotérmicos.

Si se utilizan bombas de calor reversibles, pueden proporcionar calor y frío, han sido instaladas en muchos países, sobretodo para sistemas de calefacción y también para sistemas de refrigeración. Los sistemas de climatización basados en la energía geotérmica tienen mejor rendimiento que los sistemas convencionales de climatización,

permite ahorros de energía entre el 30 y el 70% en calefacción y del 20 al 50% en climatización.

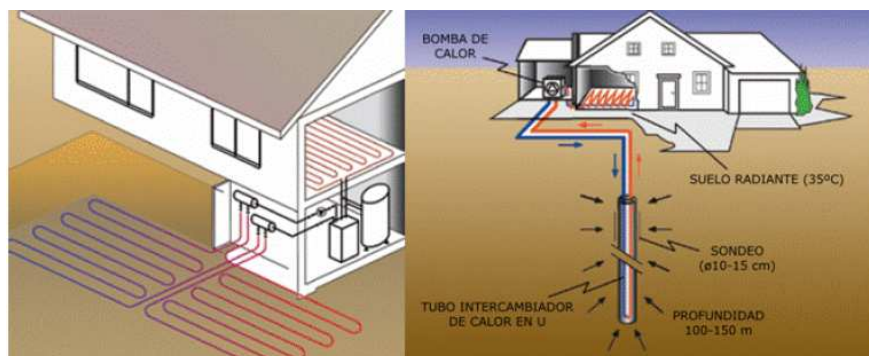


Ilustración 32. Aplicaciones de un sistema con una bomba de calor para viviendas. [25]

Las necesidades energéticas más comunes y que más gasto energético conllevan en las viviendas son la calefacción y el agua caliente sanitaria, por lo que la practicidad de la energía geotérmica para la calefacción y ACS favorece el desarrollo de esta tecnología. La utilización de sistemas geotérmicos puede reducir mucho el coste de los sistemas de calefacción. También se pueden utilizar estos sistemas en granjas para la climatización de animales o plantas; lo mismo que para piscifactorías o demás actividades de la acuicultura.

En agricultura se puede utilizar para calentar el suelo, pero uno de los usos más comunes es en calefacción de invernaderos, la calefacción en invernaderos se puede conseguir mediante intercambiadores de calor, tuberías de circulación de agua caliente, radiadores en las paredes, etc.

Es una fuente energética muy grande que todavía queda por explotar y aprovechar con verdadera eficacia. Los usos de la tecnología geotérmica pueden ser muy interesantes para el crecimiento de las energías renovables aunque su utilización como sistemas de microgeneración ahora mismo es muy complicado, ya que en la actualidad se requiere un avance y un desarrollo claro. Es evidente que es una tecnología muy interesante y se prevé que tendrá un peso importante dentro de la producción eléctrica por su carácter renovable y por su fiabilidad.

7.3.4 Microgeneración geotérmica

En relación a las centrales de potencia más reducida, los yacimientos adecuados para esta tecnología tienen mayor disponibilidad, estas centrales tienen mayor viabilidad que las centrales de gran potencia. Tienen más ventajas como su versatilidad con un alto grado de funcionamiento autónomo, pueden trabajar aisladas, sus costes de operación son menores al poder funcionar con un solo pozo de alimentación, etc.

El problema de la energía geotérmica es la elevada inversión inicial que se debe hacer, también la escasa conciencia y conocimiento de esta tecnología que hace que se escojan otras antes que la geotérmica por la falta de información sobre esta tecnología. Pero, aunque la inversión inicial es elevada, los costes de mantenimiento y explotación son relativamente bajos, lo que implicaría un retorno de la inversión en un corto plazo de tiempo, que se estiman entre los 5 y los 15 años. De todas formas, se están produciendo avances en esta tecnología, en plantas binarias por ejemplo, que permiten

la generación utilizando fluido separado del vapor. Éste y otros avances permitirán su desarrollo y también una disminución de los costes.

El potencial de la energía geotérmica somera es muy grande, la energía térmica que transfieren en edificación es muy superior a la suministrada por una instalación eléctrica y proporcionan un elevado potencial de ahorro energético.

La utilización de la energía geotérmica dentro de la generación distribuida servirá para contribuir al cumplimiento de los objetivos nacionales de generación con las energías renovables y se pretende que se constituya como un importante agente regulador de la red. Los ciclos binarios y los yacimientos de media temperatura son los que cuentan con un mayor potencial de desarrollo en España y necesitan una política y un marco regulatorio adecuado para facilitar un crecimiento adecuado y sostenible.

Para facilitar la implantación de la energía geotérmica como tecnología de microgeneración, se deben llevar a cabo cambios en el marco retributivo para la producción de electricidad y se debe establecer un régimen especial de suministro térmico a partir de energías renovables. Como en la energía minieólica, se debe hacer un marco retributivo diferente para la energía geotérmica en España.

La hibridación con otras tecnologías energéticas renovables es una posibilidad muy adecuada para su utilización como sistema de microgeneración en España. Y también, combinando su posibilidad de producción eléctrica con su capacidad de producción térmica, es una tecnología muy rentable y eficiente para sistemas térmicos. Por este motivo, es necesario modificar el sistema regulatorio en España de esta tecnología y acercarnos al que tienen en otros países de Europa como Suecia, Suiza, Francia, Austria, Alemania, donde ya han recogido legislación y normativas aplicables a este tipo de recursos.

Se otorgan ayudas a las instalaciones geotérmicas de intercambio térmico, calor y/o frío y para climatización, pero todas estas ayudas se deben modificar y se debe llevar a cabo una mejora significativa de las retribuciones para facilitar las inversiones. Además, será necesario también disponer en un futuro próximo de una reglamentación sobre sondeos específico, para prever riesgos futuros o agotamiento de potenciales acuíferos con posibilidad de utilización geotérmica.

7.3.4.1 Diseño de una instalación de microgeneración geotérmica

Hay diferentes tipos de plantas geotérmicas en uso, que se van a describir, además de las técnicas de sondeo que hay que hacer. Para las instalaciones geotérmicas se pueden utilizar diferentes tipos de intercambiadores de calor, además, para usos térmicos se emplean las bombas de calor. También hay que tener en cuenta la cimentación de la instalación geotérmica.

La energía geotérmica de alta entalpía se utiliza para la generación eléctrica, el problema es que la extracción sólo es posible en lugares del planeta con condiciones especiales de actividad tectónica, en los que se aprovecha la energía remanente en el interior de la tierra para generar electricidad. Existen tres tipos de plantas geotérmicas de generación eléctrica en función de las características y naturaleza del fluido geotermal disponible y de la profundidad.

Hay muchas instalaciones geotérmicas de alta entalpía que se puede englobar en los siguientes tipos que se describen a continuación:

- **Plantas de vapor directo/seco:** las turbinas utilizan vapor en estado de saturación o ligeramente recalentado (vapor seco), para generar electricidad de forma directa. Se produce vapor sobrecalentado alcanzando en la superficie una elevada velocidad y es enviado a la atmósfera, pasando a través de la turbina, el vapor se expande produciendo el giro de los álabes y el rotor, generando así energía mecánica. La central de vapor seco es la más sencilla y más atractiva comercialmente.

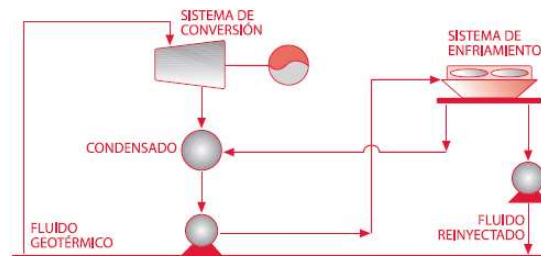


Ilustración 33. Esquema de planta de vapor directo/seco

- **Plantas Flash:** adecuadas para el aprovechamiento del recurso geotérmico de alta entalpía. El fluido geotérmico puede ser vapor o agua caliente a alta presión. El vapor primero se separa del líquido, para proteger la turbina del flujo de entrada del agua, y luego se expande en una turbina. Luego, el vapor se dirige a una turbina de doble entrada donde fluye a otra parte diferente de la turbina. Este sistema tiene una mejor eficiencia total del ciclo y un mayor aprovechamiento del recurso geotérmico.

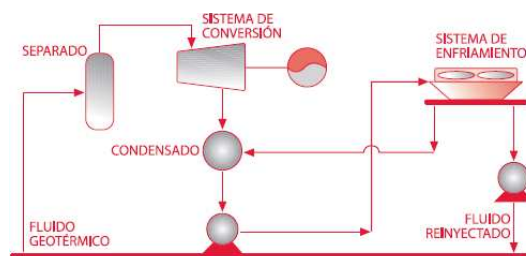


Ilustración 34. Esquema de una Planta Flash

- **Plantas de ciclo binario:** su principal ventaja respecto a las plantas flash o las de vapor seco, es que además de trabajar a alta temperatura, pueden extraer energía de forma más eficiente de yacimientos de media temperatura y de recursos geotérmicos químicamente impuros o de alta salinidad. Utilizan un fluido secundario de forma separada, un fluido termodinámico mejor con un punto de ebullición inferior al del agua que el calor del fluido geotermal y luego es vaporizado antes de pasar por la turbina.

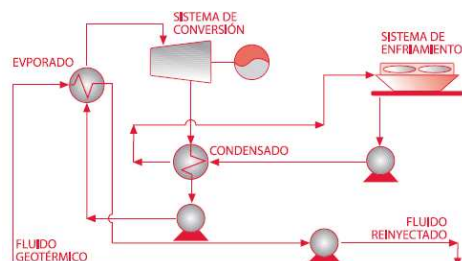


Ilustración 35. Esquema de un planta de ciclo binario.

En cuanto a los tipos de intercambiadores geotérmicos más utilizados:

- **Circuito cerrado con intercambiador cerrado horizontal:** la tubería se instala en zanjas, normalmente se instalan dos, pero se pueden instalar más. Su profundidad está comprendida entre los 0,6 m a 1,5 m aproximadamente. El inconveniente de requerir bastante superficie de terreno.

- **Circuito cerrado con intercambiador vertical:** precisa la perforación de sondeos de profundidad variable, entre los 60 y los 200 metros. Son más caras pero ocupan poco espacio y proporcionan una gran estabilidad de las temperaturas.

- **Circuito abierto:** es un sistema muy difundido en nuestro entorno, sobretodo en acuíferos aluviales con buenas productividades. Son instalaciones sencillas con bajos costes de inversión y elevados rendimientos.

- **Sistemas tierra-aire:** pueden realizar un pre-tratamiento del aire de renovación del sistema de ventilación de un edificio mediante su circulación por unas tuberías enterradas. Este aire se conduce al recuperador de calor y a las climatizadoras reduciendo la carga térmica de la ventilación

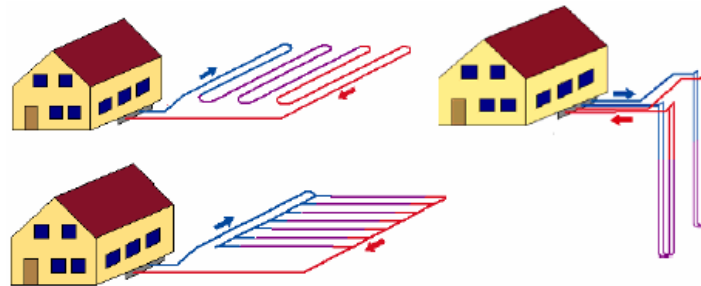


Ilustración 36. Diferentes ejemplos de intercambiadores de calor.

Las profundidades habituales de captación van desde los 80 m hasta los 200 m de profundidad y el número de captaciones será función de las necesidades energéticas de la edificación. Su coste dependerá del tipo de material a atravesar y del número total de perforaciones a realizar. La introducción de los captadores de energía tiene que ser una actuación que se realice en el menor tiempo posible y de la manera más segura posible y siempre justo después de acabar la perforación.

Para la ejecución de pozos se pueden emplear sistemas convencionales teniendo que entubar la perforación para garantizar la estabilidad e impedir la erosión, con materiales resistentes a la compresión, al desgaste o a la corrosión.

En la aplicación térmica de la energía geotérmica, la tecnología más adecuada es la bomba de calor geotérmica. La bomba de calor es la encargada de aprovechar la energía obtenida del terreno mediante su ciclo frigorífico. Es capaz de elevar la temperatura del agua de calefacción hasta la temperatura deseada al igual que la temperatura del agua caliente sanitaria. Suelen ser reversibles para instalaciones con diferentes posibles usos tanto de calor como de refrigeración.

Utilizando esta tecnología se consiguen reducir las emisiones atmosféricas prácticamente a cero, que frente a la utilización de combustibles fósiles es una tecnología limpia y no perjudicial para el medioambiente.

7.3.4.2 Instalación y conexión a la red eléctrica

Inicialmente se debe analizar las necesidades energéticas que queremos cubrir con la instalación, la demanda que hay y los diferentes parámetros de la instalación en relación al sistema eléctrico y a la conexión a la red.

Para llevar a cabo una instalación geotérmica primero hay que hacer un reconocimiento para detectar las áreas en las que se puede llevar a cabo la instalación mediante unos estudios con métodos superficiales, se utilizan técnicas geológicas, geoquímicas y geofísicas.

Los estudios preliminares que proporcionan las claves de las explotaciones para ser rentables, la investigación de los fluidos y la liberación de los gases a través de rocas fracturadas permiten evaluar la capacidad del recurso geotérmico que se está analizando. También, se debe elegir el sistema geotérmico que se va a emplear, por ejemplo, si los sistemas que unen el subsuelo con las otras partes de la instalación serán abiertos o cerrados. Los análisis geofísicos incluyen el análisis de la resistividad y otros métodos eléctricos para analizar la conductividad. Una vez seleccionadas se investigan en detalle para identificar su potencial geotérmico, también se debe hacer una delimitación de los lugares más favorables para lo que se deben considerar las características geológicas e hidrogeológicas del subsuelo, de la superficie y todas sus posibilidades de uso.

En la etapa de viabilidad se evalúa la posibilidad técnica y económica de aprovechamiento del yacimiento, y se definen los posibles sistemas de explotación que se pueden emplear para llevar a cabo la instalación.

En relación al sistema de captación hay que seleccionar la de sonda a utilizar, la profundidad del sondeo, separación entre las perforaciones y su sección, etc. Para lo que se deben estudiar propiedades del terreno como la conductividad térmica, la capacidad térmica volumétrica, la permeabilidad, la presencia de aguas subterráneas, etc.

Luego, en la etapa de desarrollo se perforan los pozos de explotación usando técnicas especializadas. El pozo es entubado dejando una sección abierta, el pozo tiene un diámetro variable a lo largo de su longitud siendo más amplio en la superficie. Posteriormente, se procede al diseño de la planta que está conectada con el pozo mediante una red de tuberías.

En la última etapa se construye y pone en funcionamiento la planta, se profundiza en el conocimiento que se tiene del almacén y del fluido geotermal, y se estudia cómo varían sus características con la extracción de energía, al objeto de optimizar el rendimiento de la planta y de prolongar los años de actividad del campo geotérmico.

Finalmente, una vez evaluados todos los parámetros, se realiza una simulación para analizar el comportamiento del sistema, modelizando y parametrizando numéricamente la instalación geotérmica, mediante programas de simulación numérica específicos para esta tecnología.

Para la realización de perforaciones y pozos hay una regulación vigente que depende de la utilización que se vaya aplicar, que conlleva a una serie de procedimientos y precauciones para la ejecución y explotación de los recursos geotérmicos. No hay que olvidar que hay que llevar a cabo también los trámites para llevar a cabo un proyecto de aprovechamiento de la energía geotérmica. Se debe realizar una memoria descriptiva en la que hay que incluir el objeto del proyecto, la legislación aplicable, el emplazamiento, estudio geológico, las perforaciones a realizar, estudio

medioambiental, etc. También se debe hacer un presupuesto del proyecto e incluir planos y las características técnicas de la instalación.

La regulación de la energía geotérmica dentro del régimen especial y su legislación sigue la misma normativa que las demás tecnologías renovables a excepción de la energía solar fotovoltaica que tiene su propia normativa.

7.3.4.3 Ejemplos de aplicación

El ejemplo de aplicación que se ha escogido para esta tecnología está en Francia, ya que no se ha encontrado ninguno adecuado para la explicación de la microgeneración geotérmica en España. Esta instalación consiste en una instalación híbrida de tecnología solar y tecnología geotérmica.

El sistema completo está compuesto por una bomba de calor, dos intercambiadores verticales de calor de 90 metros de profundidad, un emisor de baja temperatura enterrado horizontal y captadores solares térmicos. Además, calderas de almacenamiento de agua, bombas de circulación y tuberías.



Ilustración 37. Vivienda unifamiliar con un sistema híbrido solar- geotérmico

Este tipo de aplicaciones de los recursos de muy baja temperatura, con mejoras a base de otras energías limpias alternativas, se ofrece como un sistema con mucho futuro para el panorama energético español en el futuro.

Gracias a la climatología que tenemos en España, para los recursos de muy baja temperatura, tenemos una temperatura del subsuelo media superior a otros países y muy adecuada para llevar a cabo estas instalaciones.

7.4 Energía de la Biomasa

7.4.1 Definición

La biomasa es toda la materia viva de la tierra, en la biosfera, y es una enorme fuente de energía y se abastece mediante la fotosíntesis mediante un flujo de energía procedente del Sol. Es una fuente de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Está basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. Al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, se libera energía, dando como productos finales dióxido de carbono y agua.

Los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, pudiendo ser utilizados para fines térmicos eléctricos si están en estado sólido o como biocarburantes si su estado es líquido. Las centrales de generación pura con Biomasa suelen ser de tamaño medio alto, entre 7 MW y 15 MW.

Comparando la Biomasa con los combustibles fósiles, está demostrado que con su utilización se disminuyen las emisiones de múltiples contaminantes, así como de escapes de gases tóxicos por su utilización en viviendas, además, se aprovechan residuos agrícolas y residuos vegetales y animales, se evitan las fluctuaciones típicas de los combustibles fósiles, se disminuye la dependencia del exterior por la importación de los combustibles fósiles, etc.

La Biomasa se obtiene de diversas fuentes como residuos sólidos orgánicos, lodos, residuos industriales, agrícolas y ganaderos, así como de los restos forestales, de cosechas y poda, de los cultivos energéticos leñosos, de crecimiento rápido y herbáceos.

La biomasa constituye un tipo de energía solar en la que la captación, conversión y almacenamiento se realiza a través de procesos metabólicos de seres vivos.

Hay diferentes tipos de Biomasa:

- Biomasa natural: se produce espontáneamente en la naturaleza sin intervención humana, principalmente en zonas boscosas, por ejemplo, las podas naturales de un bosque.
- Biomasa residual seca: subproductos sólidos no utilizados en actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que son considerados residuos.
- Biomasa residual húmeda: son los llamados vertidos biodegradables de aguas residuales urbanas y de residuos ganaderos.
- Cultivos energéticos: cultivos realizados para producir biomasa transformable en combustible, como el cardo o el girasol cuando se destina a la producción de biocarburantes. Son plantaciones de plantas o árboles de crecimiento rápido, cultivadas específicamente para producir energía.
- Biocarburantes: provienen de alguna de las anteriores.

Por lo tanto, las fuentes más importantes de la biomasa son los campos forestales y agrícolas, ya que en ellos se producen muchos residuos, que pueden ser aprovechados para este fin. También se pueden utilizar los residuos sólidos urbanos, los residuos comerciales y los residuos industriales como biomasa, se pueden utilizar para la recuperación de energía aunque es necesaria una actualización de los equipos donde tenga lugar y se deben emplear equipos específicos para cumplir las normas medioambientales y de seguridad.

La biomasa que normalmente se manipula y se convierte en combustible que se utiliza para transformarse en calor, en combustibles o en electricidad, y se conducen a la forma de energía útil requerida.

Además de los beneficios medioambientales que tiene como las demás energías renovables también tiene otros beneficios como ayudar al desarrollo rural, como proporcionar el tratamiento adecuado de algunos residuos y también la limpieza de bosques u otros parajes limitando de esta forma la propagación de incendios.

7.4.2 Estado de la energía de la Biomasa

La contribución de la Biomasa en el sistema eléctrico español es muy pequeña pero no es descabellado pensar que podría ocupar un papel de mayor relevancia dentro del panorama energético español. En cambio, su presencia es superior en otros países comparándola con España. Curiosamente, un buen porcentaje de la energía procedente de la biomasa corresponde a países en desarrollo, debido sobretudo al uso directo de la Biomasa para la producción de calor.

Como se ha podido ver en apartados anteriores, el peso de la Biomasa en generación eléctrica dentro de las energías renovables es muy pequeño y debe aumentar en los próximos años. Se estima que para finales del año 2020 se tendrá una potencia total de biomasa instalada de 1000 MW con una producción anual de 6000GWh. El sistema de apoyo fijado por el Real Decreto 661/2007 es válido hasta que la potencia instalada alcance los 1317 MW. [26]

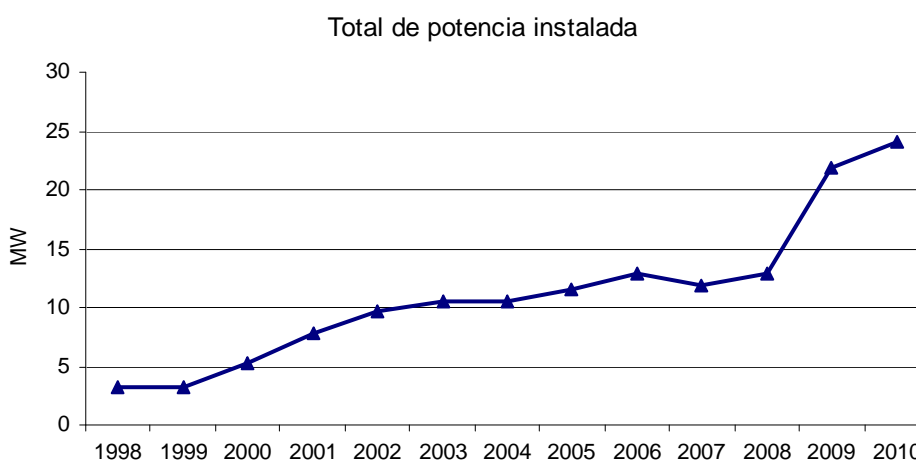


Ilustración 38. Evolución de la potencia instalada de microgeneración basada en biomasa. [7]

En España hay 49 centrales de microgeneración basadas en biomasa acogidas al régimen especial, como para las demás tecnologías se han extraído los datos de la potencia instalada de la Comisión Nacional de Energía. Como se puede observar en el

gráfico anterior, desde 1998 la potencia instalada ha aumentado constantemente hasta el 2008, a partir del cual ha aumentado en mayor medida la potencia instalada.

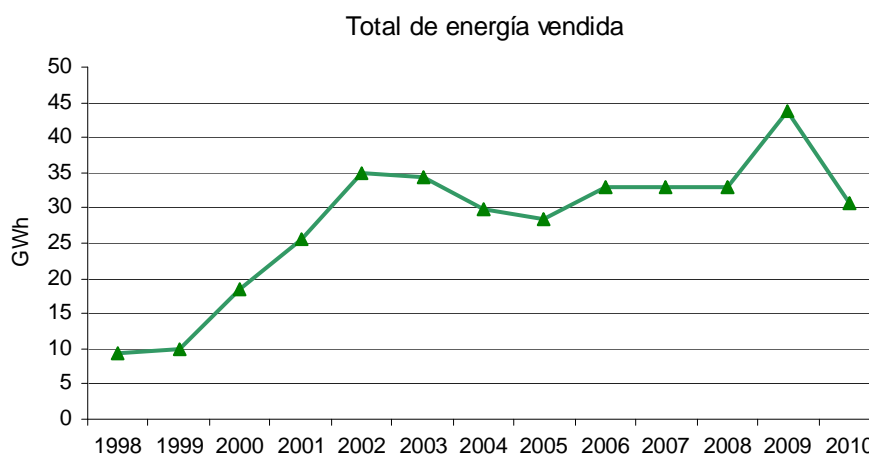


Ilustración 39. Evolución de la energía vendida de microgeneración basada en biomasa. [7]

En cuanto a la energía vendida se observa también un mayor crecimiento de la energía vendida a partir del 2008, debida al incremento también de la potencia instalada de microgeneración ese año, se espera que para el 2010 siga en la misma progresión la energía vendida, sin valorar la bajada en el gráfico que sigue ya que para el final del 2010 quedan muchos datos que recoger.

En Europa, la biomasa tiene un peso ínfimo sobre el total de la energía primaria, pero en relación a las energías renovables su peso es muy elevado, la mayoría se destina a usos térmicos. En países como Francia, Suecia o Finlandia, la biomasa ocupa una posición muy importante dentro su mercado energético.

7.4.3 Tecnología de la biomasa

Para poder utilizar la biomasa para fines energéticos se tiene que transformar para su transporte y utilización. Hay diferentes métodos para transformar la biomasa y los más usuales son los procesos de conversión directa, los procesos termoquímicos y los procesos bioquímicos.

Los procesos de conversión directa se utilizan para la generación de calor y los tipos van desde estufas hasta sistemas de combustión de lecho fluidificado. Estos procesos son muy ineficientes al desperdiciar buena parte de la energía generada.

Los procesos termo-químicos transforman la biomasa en un producto de mayor valor, con densidad y valor calórico superior. El producto puede ser sólido, líquido o gaseoso. La energía obtenida puede destinarse a la producción de calor el uso doméstico o industrial y a la producción de electricidad. El rendimiento global del proceso es muy alto, del 30%. Su aplicación se da sobretodo en la industria azucarera, papelera, en basuras urbanas y de derivados de madera.

La pirolisis es un buen método para la obtención de energía a través de biomasa y existen diferentes tipos en función de las condiciones físicas en las que se realice. Además, la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la presión, etc., tienen una influencia muy grande en la distribución de productos obtenidos.

Los métodos bioquímicos son más adecuados para la conversión de la biomasa que el método termo-químico. Para ello, hay diferentes tipos de procesos de conversión como la digestión anaeróbica, como los combustibles alcohólicos, el biodiesel o el gas de rellenos sanitarios.

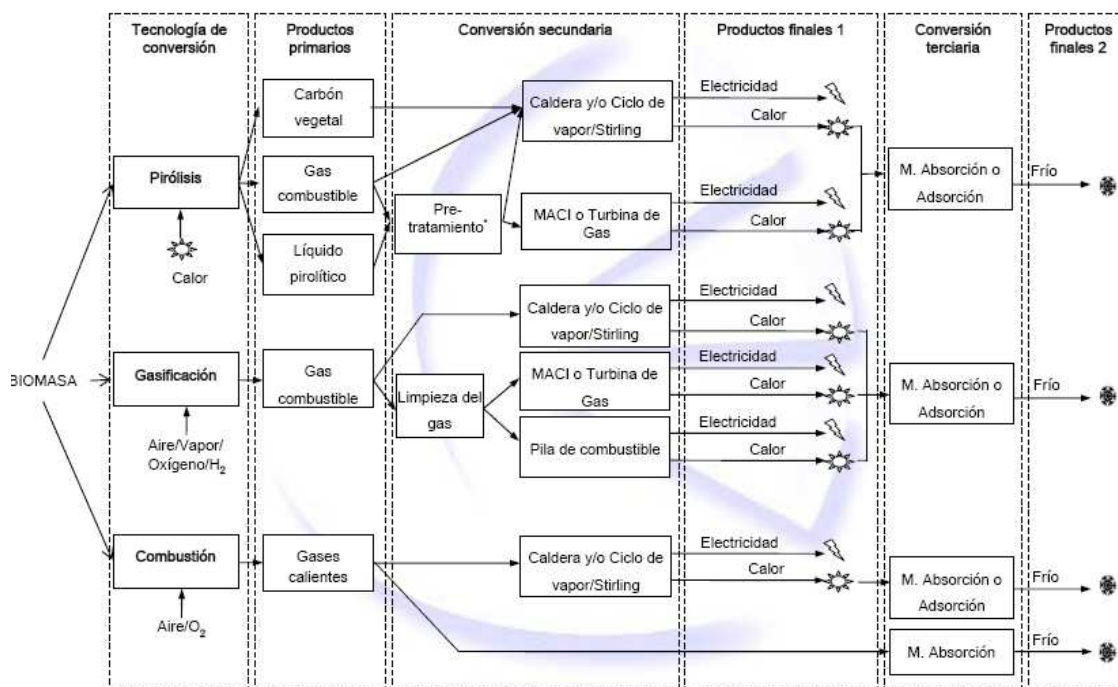


Ilustración 40. Esquemas de generación energética con biomasa. [27]

La biomasa se puede transformar en diferentes formas de energía: calor y vapor, combustible gaseoso, biocombustibles, co-generación y electricidad.

La posibilidad de aplicarse en sistemas de cogeneración y la posible aplicación para la producción de electricidad, permiten que puedan aplicarse en instalaciones de microgeneración dentro del régimen especial, aunque es cierto que se necesita una gran inversión en investigación para mejorar su desarrollo e implantación definitiva.

La utilización más común de la biomasa, actualmente, es la producción de calor y agua caliente sanitaria. Es una buena solución para la introducción instalaciones térmicas de origen renovable en la edificación.

En aplicaciones térmicas residenciales, la instalación está compuesta de un silo de almacenamiento de la biomasa, de un sistema de alimentación que lo lleva a las calderas en donde está el hogar de combustión y a los intercambiadores donde se calienta el fluido que se usará para calefacción o ACS. También, cuentan con un recuperador de calor y sistemas de limpieza de humos.

La transformación en energía eléctrica, se debe hacer mediante los métodos de conversión termo-química y de conversión bio-química. Sin embargo, la producción de electricidad a partir de la biomasa precisa sistemas más complejos, por el bajo poder calórico de la biomasa y por su alto porcentaje de humedad.

Las instalaciones eléctricas son parecidas a las instalaciones térmicas, la diferencia es la cantidad de biomasa utilizada, la necesidad de calentar vapor con una calidad determinada en vez de agua caliente para el sistema de combustión y los equipos para transformar la energía térmica en energía eléctrica que normalmente son una

turbina de vapor y un alternador. El sistema se basa en generar vapor mediante la combustión de la biomasa, produciendo energía mecánica a través de las turbinas y finalmente energía eléctrica en los alternadores.

Además, es importante el desarrollo de la gasificación de biomasa y su conversión en electricidad a través de moto-generadores u otros sistemas de combustión del gas de síntesis producido. Estas tecnologías utilizan un reactor-gasificador en el que se introduce la biomasa. La gasificación produce un gas que una vez filtrado y tratado podría utilizarse en moto-generadores para producir energía eléctrica.

7.4.4 Microgeneración mediante la Biomasa

Las instalaciones eléctricas a partir de biomasa requieren sistemas complejos, porque se requieren calderas de gran tamaño, el mayor coste de estas instalaciones suele ser la biomasa utilizada. Su aplicación en microgeneración requiere una inversión muy elevada y por este motivo se acude a otros tipos de tecnologías, aunque está incluida dentro de los tipos de tecnologías que se pueden acoger al régimen especial.

Desde hace años, se está disminuyendo la potencia de los grupos de generación de biomasa para facilitar el desarrollo de proyectos de generación eléctrica. La microgeneración mediante la biomasa puede ayudar al cumplimiento de los objetivos de aportación de las energías renovables. Actualmente, la aplicación de la biomasa para la generación eléctrica distribuida suele ser con potencias inferiores a 20 MW.

En el Real Decreto que regula el régimen especial, se remarca que se espera que la cogeneración con biomasa pueda alcanzar una cierta rentabilidad, cediendo la electricidad al distribuidor o vendiéndola en el mercado.

Se puede utilizar la Biomasa para instalaciones de cogeneración y actualmente es el principal uso que se le podría dar. Las instalaciones de cogeneración se explicarán posteriormente en el apartado 6.5. La cogeneración es la generación simultánea, a partir de una fuente de energía, de calor y electricidad. Se puede partir de diferentes materias primas de procedencia orgánica. Una vez obtenida la materia prima, se lleva a cabo la producción de biogás, el biogás producida pasa a la planta de cogeneración, que produce electricidad que puede ser utilizada para autoabastecimiento o puede ser enviada a la red de distribución eléctrica.

El calor útil que sale de la planta de cogeneración se puede emplear en instalaciones de agua caliente sanitaria o en instalaciones de calefacción, además parte de este calor también puede utilizarse en el proceso de calentamiento de la planta de biomasa para la producción del biogás que se utiliza en la planta de cogeneración.

El biogás puede obtenerse de residuos orgánicos, sobre los que se deben llevar a cabo procesos de separación de residuos orgánicos e inorgánicos y posteriormente la fermentación anaeróbica para la producción del gas. También puede producirse a partir de productos vegetales cultivados y de desechos de granjas de animales, materia que debe ser tratada y separada para su posterior tratamiento de fermentación.

Por lo tanto, tecnológicamente hablando, la biomasa se presenta como una posibilidad real para instalaciones de microgeneración y tiene aplicaciones interesantes para la microgeneración. Se espera un crecimiento de la investigación en el sector de la biomasa, que facilitará el crecimiento del número de instalaciones de microgeneración basadas en esta tecnología, aunque todavía queda un largo camino por delante en

España para su aplicación definitiva y su competitividad frente a otras tecnologías renovables. También, es de esperar que dentro de los sistemas de cogeneración y microcogeneración tenga una mayor aplicación en los próximos años ya que podría reducir aún más las emisiones atmosféricas perjudiciales para el medioambiente y facilitar también el objetivo de utilización de la biomasa y de empleo de energías renovables para la producción de electricidad.

7.4.4.1 Diseño de una instalación de microgeneración mediante Biomasa

Las instalaciones de biomasa utilizan los mismos ciclos de generación que otras tecnologías de uso de combustibles convencionales.

La explicación del diseño de una instalación de biomasa se va a hacer mediante un proyecto efectuado de una instalación de cogeneración con gasificación integrada de biomasa, de esta forma, se facilitará la comprensión de la tecnología y se analizará una de las aplicaciones más interesantes de la biomasa. Se explicará básicamente el tratamiento de la biomasa utilizada para su aprovechamiento y la explicación de la planta de gasificación, así como su funcionamiento. Aunque la instalación no es de microgeneración porque supera el límite de 1 MW que se ha indicado en este proyecto.

Se trata de una instalación de una empresa alcoholera de Ciudad Real de una potencia eléctrica de 5,9 MW proporcionada mediante un motor-alternador que a su vez está alimentado con gas de síntesis. Los gases de escape se utilizan para generar vapor saturado en una caldera de recuperación que se reutiliza. El recurso de biomasa que se utiliza en esta instalación es fundamentalmente el orujo de uva. Esta planta se caracteriza por su alto rendimiento eléctrico y por sus bajos costes de operación.

La planta está compuesta por una planta de gasificación de la biomasa, un sistema de limpieza del gas combustible compuesto a su vez por enfriadores del gas, un filtro de mangas y un sistema de enfriamiento de cenizas, por una planta de generación de electricidad, que tiene diferentes elementos entre los que hay tres moto-generadores. Además de instalaciones de recuperación de calor residual e instalaciones eléctricas de interconexión de la planta de producción de electricidad con la red de la compañía suministradora.

Posteriormente, en la planta de la empresa alcoholera que se está analizando, se utilizan los gases de escape de las calderas de vapor para secar previamente a su utilización el orujo de uva desalcoholizado que se utiliza en esta planta de generación eléctrica mediante la biomasa.

Luego, la biomasa se introduce por el tercio inferior del gasificador a través de tres bocas de carga. Éstas tienen una disposición específica, para de esta forma, producir una buena homogeneidad de la mezcla de agente gasificante/combustible y además, se mantiene en el lecho fluido. El lecho lo fluidifica el aire primario introducido por la parte inferior del gasificador, a través de una matriz, posteriormente, el gas de síntesis se enfría. La gasificación tiene un rendimiento elevado, que es cercano al 80%.

7.4.4.2 Instalación y conexión a la red eléctrica

La instalación de una planta de biomasa se hará en función de la biomasa disponible, se debe hacer un estudio previo exhaustivo de las características físicas de la biomasa disponible y también de las características energéticas que se pueden obtener a

partir de la biomasa disponible. También, es fundamental el poder calorífico de la biomasa, que es necesario para poder determinar la calidad energética de la biomasa que se utilizará y su posible rendimiento energético.

La cantidad y, especialmente, la calidad de la biomasa va a condicionar la capacidad y la potencia de la instalación. También, antes de comenzar a ejecutar la instalación de biomasa, hay que tener en cuenta la demanda que se va a requerir de la instalación. En cuanto al combustible, es importante tener asegurado el suministro de la biomasa a largo plazo al precio establecido inicialmente.

La tecnología a utilizar por una instalación de biomasa para la generación eléctrica es igual a la de cualquier otra tecnología, el problema es la necesidad de un mantenimiento más minucioso de las instalaciones ya que se ensucian con mayor asiduidad que las calderas convencionales. Después del análisis de la biomasa que se va a utilizar y el posible rendimiento energético de la instalación, y después de una primera idea del dimensionamiento que se requerirá en función de la biomasa disponible, se debe llevar a cabo el desarrollo conceptual y técnico de la planta. Se desarrollarán las diferentes especificaciones de los equipos a utilizar y las diferentes opciones para manejar la instalación.

Para finalizar, se debe hacer un análisis de la instalación proyectada y además de realizar las estimaciones previstas también se debe elaborar una memoria con todas las características de la instalación, como en otras tecnologías que se han comentado en los anteriores apartados y que como para otras tecnologías son necesarios para poder registrar la instalación siguiendo los pasos que se exigen y se explican en el apartado de conexión a la red eléctrica.

La producción eléctrica con biomasa, de las instalaciones puestas en marcha desde el 1 de enero de 2008, es regulada según lo dispuesto en el RD 661/2007. Este régimen es transitorio hasta que se alcance el objetivo de potencia previsto para la biomasa, por este motivo se pedía desde diferentes grupos del sector de la biomasa que se ampliase el objetivo de potencia instalada de biomasa. Con la nueva ley de energías renovables prevista en principio para finales del 2010 cambiará en este aspecto.

El sistema de biomasa de la empresa alcoholera que se ha explicado en el apartado de diseño de una instalación de microgeneración de biomasa, es una solución perfectamente adaptada a los recursos de la empresa y perfectamente adaptada a los recursos que tienen, en este caso de biomasa. Y, aunque pueda combinarla con otros tipos de tecnologías para rentabilizar aún más la instalación, es el objetivo que se debe tener en todo proceso de planificación energética. Se deben estudiar todos los factores del entorno y de las necesidades energéticas para de esta forma aumentar el rendimiento de la instalación y maximizar los beneficios económicos.

7.4.4.3 Ejemplos de aplicación

El ejemplo que se va a utilizar de una instalación de Biomasa es de la empresa ERSOLAM, empresa española con sede en Oviedo, que trabajan en el sector de las energías renovables y de la ingeniería civil.

El ejemplo de instalación que llevan a cabo en viviendas basado en energías renovables, buscando la máxima eficiencia energética, es la generación eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos y la utilización de un sistema principal de biomasa con apoyo de captadores solares térmicos, conectada la instalación a la red

eléctrica. A continuación se puede ver una ilustración de la instalación. La caldera de biomasa funciona como una caldera tradicional pero utiliza como combustible biomasa extraída del silo de forma automatizada. La biomasa se quema y genera un calor que mediante un intercambiador calienta el agua que se utiliza por ejemplo en la instalación de Agua Caliente Sanitaria de la vivienda. Luego la instalación de energía solar fotovoltaica para la generación eléctrica y su volcado a la red eléctrica sigue el mismo esquema que el explicado en el apartado de la microgeneración mediante el uso de tecnología solar fotovoltaica.



Ilustración 41. Ejemplo de instalación energética de la empresa ERSOLAM y esquema de la instalación de biomasa. Fuente: www.ersolam.com

Otro ejemplo de instalación es el Centro de Interpretación Vitivinícola Emina, cercano a Valladolid. Este edificio además de servir como bodega, centro cultural, empresarial y turístico es también un edificio integrado en una política de desarrollo sostenible, que es lo que interesa de esta instalación, su generación de energía.

Utilizan las energías renovables para el abastecimiento del consumo de energía mediante el aprovechamiento de desechos orgánicos producidos por el cultivo y la elaboración de vino y luego también se utilizan otros recursos de biomasa ajenos como cáscaras de piña y piñón de actividades de su entorno.

Se instaló una caldera de Biomasa de 200 KWt de potencia que consume principalmente los residuos generados en la bodega, la caldera dispone de alimentación automatizada, hogar de combustión en parrilla, sistema pirotubular, ciclón depurador de humos y recuperador de calor. Además también cuentan con una trituradora para mejorar el autoabastecimiento. Además cuentan con paneles solares para el agua caliente sanitaria, la energía térmica producida se utiliza para el proceso industrial y para la calefacción del edificio. Y también tienen una instalación de paneles fotovoltaicos con conexión a la red para la venta de la energía generada. Estos paneles solares están colocados sobre la marquesina de un aparcamiento de coches, de manera que cumple otra función arquitectónica además de la fundamentalmente energética.

Tanto las instalaciones de biomasa como las instalaciones fotovoltaicas son eficientes y sirven de gran ayuda a la mejora energética del Centro Vitivinícola. Además de ser un centro responsable con el medioambiente se adapta bien a sus posibilidades energéticas y estas se adaptan bien a la estructura del centro y su edificación.

Es un proyecto realmente interesante y que puede servir como símbolo de la buena adaptación de los recursos naturales y medioambientales para la eficiencia y para el aprovechamiento energético, además de ser un ejemplo de obtención de rentabilidad energética y económica mediante un sistema híbrido de tecnologías renovables.

7.5 Cogeneración

7.5.1 Definición

La cogeneración es la producción simultánea de electricidad y de energía térmica para ser aprovechadas. El aprovechamiento de energía térmica comprende sistemas de calefacción, de agua caliente sanitaria, de refrigeración, aire acondicionado, etc. Tradicionalmente se generaba electricidad desaprovechando el calor generado permitiendo que se escapase, mediante la cogeneración se solucionaba este problema aprovechando el calor sobrante.

Los sistemas de cogeneración se están imponiendo en los mercados energéticos de todo el mundo, ya que son sistemas con elevado rendimiento energético. En estos sistemas se pueden utilizar diferentes tecnologías renovables, entre las que actualmente destacan para los sistemas de microgeneración las pilas de combustible y la energía de la biomasa, ambas tecnologías se utilizan dentro de sistemas de microcogeneración. La biomasa se ha explicado en un apartado por separado, ya que se utilizan mucho en otros sistemas además de en sistemas de cogeneración

Tienen aplicaciones diferentes, entre las que se distinguen principalmente aplicaciones en industrias, edificios, hoteles, hospitales, producción de electricidad de diversos tamaños, módulos o grandes centrales.

Además, pueden estar orientados a diferentes objetivos: orientados a la producción de calor útil para sistemas de calefacción o sistemas de producción de agua caliente sanitaria, orientados para calentamiento de distritos o barrios, orientados también a la producción de electricidad en comunidades aisladas o conectadas a la red eléctrica. Existen cuatro categorías en las instalaciones de cogeneración:

- Cogeneración a pequeña escala, normalmente se utilizan para proporcionar agua caliente a los edificios y que utilizan diferentes tipos de motores recíprocos de ignición por chispa.
- Cogeneración a gran escala, normalmente asociados con vapor en aplicaciones industriales y en instalaciones de grandes edificios.
- Cogeneración a gran escala para calentamiento de barrios o grandes zonas urbanas que están basados en una central de producción de energía cercana con recuperación de calor.
- Cogeneración basada en energías renovables, pueden ser instalaciones de cualquier escala, son las instalaciones que vamos a analizar ya que son las que nos interesan para este estudio.

También, es importante la trigeneración que consiste en la producción de electricidad, calor y frío a partir de una sola fuente de energía. De manera, que se producen tres tipos de aprovechamiento con una sola fuente energética.

En el Real Decreto 661/2007, se marcan las directrices sobre las que deberá girar el régimen especial y la cogeneración estableciendo un régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en ambas.

El fomento de la cogeneración es una prioridad para la Unión Europea por el ahorro de energía primaria que supone, la reducción de pérdidas de la red eléctrica y la reducción de las emisiones. Remarcan en el decreto que la retribución de la energía

generada mediante la cogeneración por su condición de generación distribuida y por su mayor eficiencia energética, introduciendo una retribución que es función directa de la energía primaria ahorrada.

Se incluyen dentro del grupo que se pueden acoger al régimen especial los productores que utilicen la cogeneración, que son los productores que desarrollen actividades destinadas a la generación de energía térmica útil y energía eléctrica o mecánica mediante cogeneración, tanto para su propio uso como para la venta total o parcial de las mismas. Los sistemas de cogeneración se dividen en distintos subgrupos para poder diferenciar los regímenes retributivos entre los grupos.

Una de las ventajas con las que cuenta la cogeneración es que su eficiencia es muy elevada llegando a valores del 90% o incluso mayores, las emisiones atmosféricas serán menores, grandes ahorros en costes así como una mayor competitividad. Su capacidad de suministro fiable y eficiente en coste está más que probado y en algunos países estos sistemas han adquirido mucha importancia y peso en su sistema energético. Las ventajas son el ahorro de combustible, la reducción de las emisiones atmosféricas y destacan también las ventajas económicas, ya que los costes de energía son menores que las unidades convencionales.

7.5.2 Estado de la cogeneración

La presencia de la cogeneración en el sistema energético español esta creciendo y su desarrollo e implantación es uno de los objetivos marcados en España, sobretudo por su elevada eficiencia. Por ejemplo, la nueva producción prevista mediante gas natural es en sistemas de cogeneración aunque en la actualidad representan solamente un 25% frente a los ciclos combinados de gas natural que representan el 71%. [6]

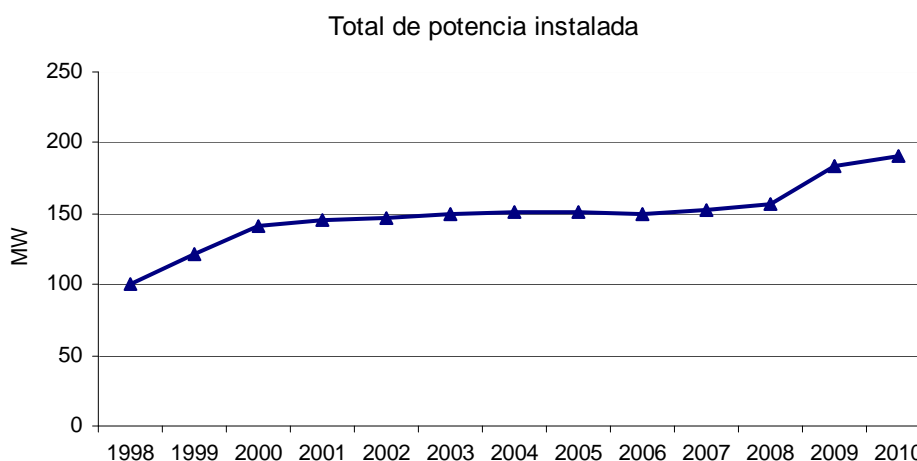


Ilustración 42. Evolución de la potencia instalada de microcogeneración acogida al régimen especial. [7]

Para la elaboración de la gráfica anterior se han extraído los datos de estadísticas de la Comisión Nacional de Energía. Se puede observar la evolución de la potencia instalada de cogeneración en España. Se puede ver un crecimiento constante de la potencia desde los 90 hasta el año 2007, a partir del cual se produjo un crecimiento mucho más acentuado, como es lógico tras el Real Decreto de ese año. En la actualidad hay un total de 257 instalaciones de microcogeneración acogidas al régimen especial.

En cuanto a la potencia vendida se pueden observar diferentes picos de energía vendida, debidas a la inestabilidad del sistema antes del año 2007, a partir del cual la energía vendida de instalaciones de microcogeneración acogidas al régimen especial ha crecido siguiendo una tendencia constante de crecimiento. La bajada que se observa en el año 2010 no se debe tener en cuenta para el análisis debido a la falta de datos.

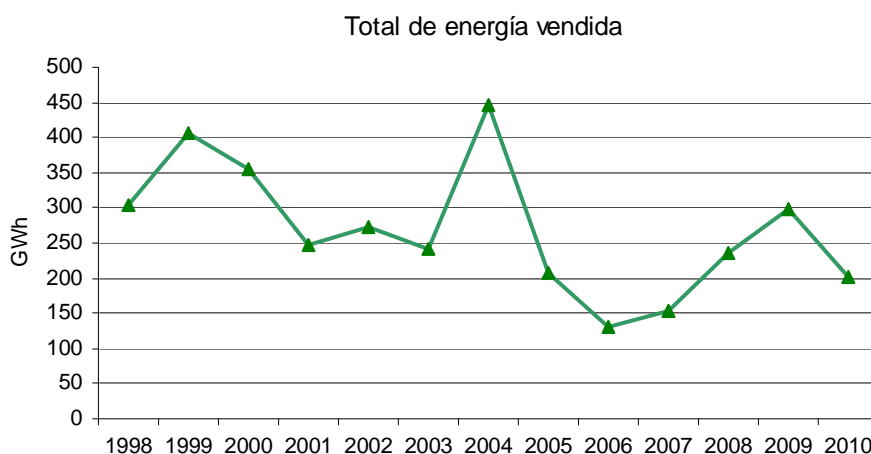


Ilustración 43. Evolución de la energía vendida de microcogeneración en régimen especial. [7]

En Europa, los productos de microcogeneración funcionan normalmente para aplicaciones de calefacción, suministrando calefacción y agua caliente, también funcionan suministrando electricidad permitiendo el ahorro de costes. Utilizan estos sistemas en diferentes tipos de edificios para viviendas, hoteles, edificios comerciales, industrias, etc. Se abastecen de la electricidad generada, así como también pueden exportar e importar de la red eléctrica.

En algunos países de la Unión Europea como Francia, España, Italia, Portugal, etc., están promoviendo las tecnologías de trigeneración. Las instalaciones de trigeneración cuentan con diferentes ventajas competitivas para cubrir la demanda energética. Pero para que penetre en el sector energético se deben identificar e indicar soluciones para las diferentes barreras legales, técnicas, económicas y regulatorias.

Hay un proyecto interesante a nivel europeo que se llama Green Lodges, está cofinanciado por la Unión Europea y el Programa de Intelligence Energy for Europe, y está siendo aplicado en siete diferentes países de la Unión Europea simultáneamente, entre los que se encuentra España. El proyecto trata de desarrollar una guía que pueda ser utilizada por dueños de centros o edificaciones rurales de todo tipo para la implementación de instalaciones de sistemas de producción de calor y energía eléctrica mediante el uso de sistemas de energía renovable y de microcogeneración. También, este proyecto pretende la promoción de estos sistemas para que sean utilizados por otros usuarios potenciales.

Es importante recordar que en el Real Decreto 661/2007 también se establece el régimen jurídico de la cogeneración, además del régimen especial, para optimizar el sistema eléctrico español. En este decreto, se incluyen también aspectos regulatorios de la biomasa incluida en un grupo de cogeneración, y además, tanto para la generación eléctrica con biomasa, como para la cogeneración con biomasa existen unos mínimos niveles de eficiencia energética de cumplimiento obligatorio. Además, las primas por las energías renovables también benefician a los sistemas de cogeneración a partir de energías renovables.

La microgeneración figura en el Código Técnico de Edificación entre una de las alternativas que se pueden aplicar en instalaciones de agua caliente sanitaria, junto con otras tecnologías, en sustitución de los paneles solares. En cuanto a la cogeneración con biomasa se espera que para el año 2020 se pueden alcanzar 383 MW de potencia, aumentando considerablemente la potencia instalada en la actualidad.

7.5.3 Tecnología de cogeneración

En este apartado se analizará la tecnología de cogeneración que es directamente adaptable a la microcogeneración, pero que no es específica de cada tipo de cogeneración aplicable. La cogeneración utiliza un único proceso para generar electricidad y calor, tanto para calefacción como para refrigeración. En función de la demanda necesaria se utilizarán proporciones de calor y de potencia diferentes.

Los rangos de potencia de las instalaciones de cogeneración estándar son amplios, desde instalaciones pequeñas de 1 KW a instalaciones de 500 MW. Hay una amplia variedad de equipos disponibles permitiendo ajustar la potencia de las instalaciones de cogeneración a la demanda que es requerida para cada aplicación.

Las centrales de cogeneración constan de diferentes elementos como los **impulsores**. Hay diferentes tipos de impulsores entre los que destacan: las turbinas de vapor, las turbinas de gas, los motores alternativos, los ciclos combinados, los motores Stirling, las microturbinas y las pilas de combustible. Las pilas de combustible y las microturbinas son los impulsores que vamos a analizar y desarrollar con mayor detalle ya que se pueden acoger al régimen especial.

Otro elemento es el **recuperador de calor** es un componente fundamental en la instalación de cogeneración, su función es recuperar el calor de los gases de escape de las turbinas de gas. El sistema más sencillo es un intercambiador de calor a través del que los gases de escape pasan y transfieren el calor al agua que alimenta la caldera, posteriormente los gases de refrigeración pasan por la chimenea y son descargados a la atmósfera.

Los escapes de las calderas necesitan ser diseñados para las condiciones particulares de la turbina, esto se debe a que las temperaturas de los gases de salida requieren una mayor área de transferencia de calor en la caldera. Se debe diseñar el escape en función de la temperatura, de la presión y de los detalles del flujo de los gases de escape. Es usual que se utilice un sistema de ciclo abierto, instalando un economizador como intercambiador de calor en el flujo de gas que abandona la caldera

Elemento fundamental para la generación eléctrica es el **generador**, que convierte la energía mecánica del árbol de salida de las turbinas en electricidad, pueden ser generadores síncronos (puede funcionar aislado y puede continuar suministrando la corriente cuando existe un fallo de red) o generadores asíncronos (funciona solamente en paralelo con otros generadores, la unidad deja de funcionar si se desconecta de la red principal o si ésta falla)

Los sistemas de cogeneración conectados a la red eléctrica permiten importar electricidad y exportarla cuando tengan excedentes, por este motivo necesitan estar protegidos contra problemas de suministro. Además, para evitar estos problemas, cuentan con controles y procedimientos de protección.

7.5.3.1 Trigeneración

La trigeneración es la conversión de una única fuente de combustible en tres productos energéticos que son electricidad, calor y frío, con bajos niveles de contaminación y una elevada eficiencia. Existen tres métodos para acoplar los sistemas de cogeneración con un enfriador por compresión, usa el calor para crear la refrigeración, o por absorción, la cogeneración se lleva a cabo en unos compresores de refrigeración.

Pueden ser utilizados para diferentes aplicaciones como la refrigeración de distrito, la demanda de frío en las industrias o la refrigeración de edificios. A continuación se muestra un diagrama en el que se resumen de forma esquemáticas las aplicaciones de un sistema de trigeneración.

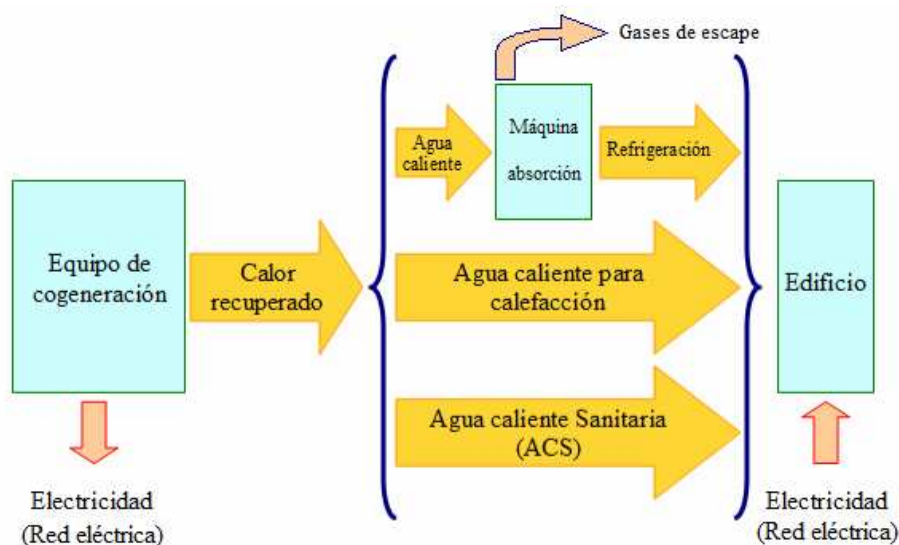


Ilustración 44. Diagrama de un sistema de trigeneración.

Para la generación de frío se emplean sistemas de refrigeración por absorción que son accionados por el agua caliente que se genera en los sistemas de trigeneración. La máquina de absorción consta de un evaporador, un condensador, un absorbedor, un generador y una bomba de solución. Se basa en la propiedad que tienen varias sustancias, como el bromuro de etilo, de absorber calor al cambiar de estado de otra sustancia. El absorbente que ha absorbido refrigerante es bombeado al generador donde el refrigerante se libera en forma de vapor y se condensa luego en el condensador. El absorbente renegado se recircula después al absorbedor para absorber de nuevo el vapor de refrigerante. El calor se suministra al generador a una temperatura relativamente alta.

El rendimiento de las máquinas de absorción es menor que las máquinas de refrigeración por compresión, pero al aprovecharse el calor residual de la cogeneración se rentabiliza y exprime mucho más la instalación.

En todo el mundo se están imponiendo las instalaciones de cogeneración, por su elevado rendimiento energético. Y también, por este motivo se están desarrollando muchos sistemas de trigeneración. La trigeneración ofrece también muchas ventajas, entre las que destacan el buen rendimiento energético, la producción de diversas formas de energía, la posibilidad de utilizar diferentes tipos de combustibles, la disminución de las emisiones atmosféricas perjudiciales.

Además, la trigeneración es una solución para países del sur de Europa como España, Portugal e Italia, en los que en los meses de invierno se requiere calefacción y en los meses de verano es necesaria la refrigeración de los edificios, de esta manera se aprovecha una misma instalación para tres necesidades energéticas como son la electricidad, el calor y el frío. También, existen instalaciones de microtrigeneración, sistemas a pequeña escala basados en tecnologías de trigeneración que se pueden acoger al régimen especial dentro de la generación distribuida.

7.5.4 Microcogeneración

Una definición de la microcogeneración es que son equipos generadores de calor, pudiendo dotar de instalaciones de agua caliente sanitaria y de sistemas de calefacción a edificios, así como de generación de electricidad con elevada eficiencia. A diferencia de las instalaciones de cogeneración, las instalaciones de microcogeneración tienen una potencia máxima eléctrica de 50 KW. Dentro de la microcogeneración, también se incluyen los sistemas de microtrigeneración, que están basados en la tecnología de trigeneración que se ha explicado en el apartado anterior y que también tienen el límite de 1 MW de potencia eléctrica.

La microcogeneración provee aproximadamente el 10% de la electricidad europea, han surgido como una alternativa para proveer de agua caliente, calefacción y aire frío a edificios de viviendas, hoteles, comercios, etc. La microcogeneración se define en la directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo.

La microgeneración es una tecnología en auge en la actualidad y que en los últimos años está creciendo el número de instalaciones y por lo tanto crece su rendimiento y efectividad y disminuyen sus costes e inversiones para los usuarios. Una característica muy interesante y positiva de la microcogeneración es que son equipos flexibles y de sencilla instalación.

Se pueden lograr eficiencias térmicas del 80%, mientras que instalaciones convencionales térmicas en muchos casos no pasan del 40%, esto supone un ahorro energético y económico muy alto en la utilización de estas tecnologías. Además, se están construyendo muchos prototipos para su utilización en viviendas e instalaciones de fácil acceso para el usuario no especializado.

Entre las ventajas con las que cuenta la microcogeneración es que esta basada en una tecnología madura y que cuentan además con apoyo por parte de la legislación para fomentar su instalación. Además, la vida útil de las instalaciones es alta, con una necesidad de mantenimiento escaso y el retorno de la inversión es corto, siendo aproximadamente de 6 ó 7 años.

De las tecnologías que se han explicado previamente son varias las energías renovables que se pueden utilizar además de la biomasa y las pilas de combustible. También se pueden utilizar las microturbinas en cogeneración dentro de la generación distribuida. Dentro de este apartado de microcogeneración se van a analizar las dos posibilidades que mejor se adaptan, las microturbinas y las pilas de combustible.

Aunque es importante entender que son tecnologías que todavía están en desarrollo, actualmente la mayor parte de instalaciones de microgeneración tienen como combustible el gas natural.

7.5.5 Microcogeneración: Microturbinas

7.5.5.1 Definición

Las microturbinas son sistemas de generación eléctrica basadas en las turbinas de gas tradicionales, pero que han sido diseñadas para adaptarse a la generación distribuida para que los sistemas basados en turbinas de gas sean eficaces y rentables económicamente para pequeñas potencias de generación. Pueden utilizarse en diferentes aplicaciones como edificios de oficinas, piscinas, viviendas, invernaderos, hoteles, etc. También se pueden aplicar en instalaciones aisladas de la red eléctrica y también son interesante por su posibilidad de crecimiento a medida que las necesidades lo requieran.

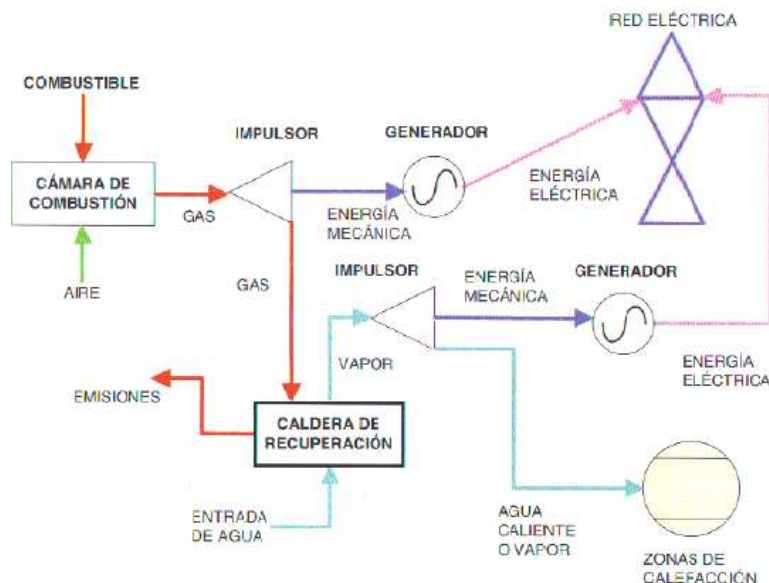


Ilustración 45. Esquema general de la cogeneración con microturbinas de gas. [28]

Presentan ventajas como rendimientos energéticos del 90% en sistemas de cogeneración, como su diseño compacto de fácil transporte, para producir calor y electricidad donde sea necesario, el coste de mantenimiento es bajo ya que su confiabilidad es alta, con instalaciones sencillas ya que constan de pocas partes móviles y de fácil instalación, generan poco ruido por lo que pueden instalarse en zonas urbanas sin ningún problema de contaminación acústica, se pueden ajustar a las necesidades eléctricas del punto de la instalación, generan energía eléctrica de calidad superior a la de la red con menos distorsiones, tienen un tamaño compacto y peso ligero, etc.

7.5.5.2 Tecnología de las microturbinas

Las microturbinas pueden generar potencias entre 25 KW y 200 KW de electricidad, son generadores de alta velocidad para plantas de generación que incluyen entre sus elementos la turbina, el compresor, el generador eléctrico y dispositivos electrónicos que permiten entregar la energía a la red eléctrica. Pertenecen al grupo de las turbomáquinas y tienen instalado un intercambiador de calor o recuperador para aumentar la generación eléctrica de las microturbinas.

Los combustibles que pueden utilizar son el gas natural, fuel-oil, gases procedentes de desechos, pueden funcionar con diésel, gasolina u otros combustibles

fósiles. Aunque las emisiones son muy bajas comparadas con otras tecnologías de cogeneración, éste, es uno de los puntos negativos de las microturbinas porque al utilizar este tipo de combustibles no se soluciona el problema medioambiental de emisiones atmosféricas perjudiciales, aunque sí que es una posible solución para la red eléctrica y su aportación dentro de la generación distribuida. Sus emisiones son mínimas y se reducen los costes y las inversiones iniciales.

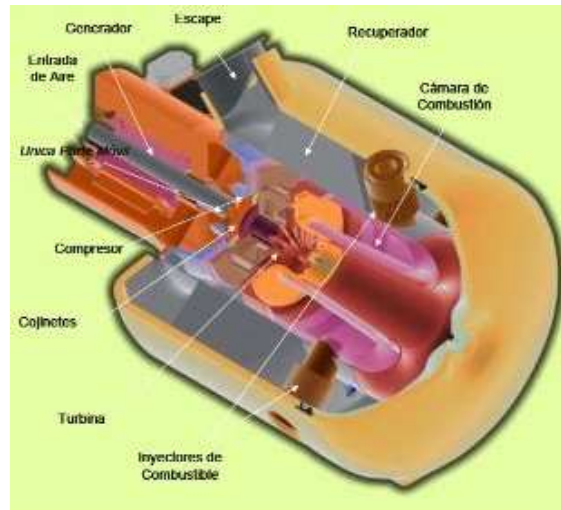


Ilustración 46. Esquema interno de una microturbina.

Explicando sencillamente su funcionamiento, inicialmente, el aire frío pasa por el generador, se comprime en el compresor hasta alcanzar la presión adecuada para la combustión. Luego, pasa por el recuperador donde se calienta para mejorar el rendimiento del sistema, mientras en la cámara de combustión se vaporiza el combustible con el aire a una presión y temperatura adecuadas y se inicia la combustión. A continuación, los gases de expansión se inyectan en la turbina, al girar la turbina produce la electricidad, y por último, las gases de escape pasan por el recuperador para ser aprovechados para otros usos, aumentando así la eficiencia de la instalación.

La energía térmica de los gases de escape y del sistema de enfriamiento del generador, recuperado mediante los intercambiadores de calor, permiten generar agua caliente sin gasto adicional de combustible. El agua producida puede aplicarse a usos de calefacción, de refrigeración, etc.

Los sistemas con microturbinas suelen tener sistemas de control integral de energía, que controlan y monitorizan los parámetros de operación y de mantenimiento del sistema. También realiza un control energético integral, tanto de la energía eléctrica como de la energía térmica, de la instalación. Además, estos sistemas suelen facilitar el control de los procesos de forma remota, mediante las tecnologías de la información y conexiones vía Internet.

Estos sistemas incorporan además cabinas para insonorizar el ruido que producen, así como diferentes medidas de protección térmicas y eléctricas. Las protecciones eléctricas son muy importantes ya que estos sistemas están conectados a la red eléctrica pública. Tienen también entre las diferentes medidas de seguridad, interruptores, para la conexión o desconexión de la instalación si fuese necesario, además de incorporar también muchas de estas instalaciones, sistemas de control de las emisiones que producen los gases de escape.

7.5.6 Microgeneración: Pilas de combustible

7.5.6.1 Definición

Las pilas de combustible producen electricidad mediante la transformación electroquímica de energía. Es un sistema en el que la energía de una reacción química se convierte directamente en electricidad, no necesita ser recargada. Consiste en un ánodo en el que se inyecta el combustible, que suele ser hidrógeno, hidrocarburos o alcoholes, y un cátodo en el que se introduce un oxidante (normalmente aire u oxígeno). Los dos electrodos están separados por un electrolito iónico conductor.

Representan una alternativa de producción de energía eléctrica y pueden trabajar en microgeneración. Las pilas de combustible pueden ser utilizadas en todo tipo de instalaciones: estacionarias, portátiles, para usos donde no puede llegar la red eléctrica, para vehículos de transporte o pilas para emisiones de metano o de otros gases, así como para cualquier tipo de instalación que requiera energía eléctrica.

También, es importante su aplicación en los vehículos híbridos que ven aumentada su potencia gracias al desarrollo de las pilas de combustibles que funcionan con hidrógeno y de las turbinas de gas. También se están llevando a cabo investigaciones en el sector aeronáutico de aviones con un sistema de propulsión híbrido, compuestos por un motor y una pila de combustible. Así que se pueden usar en muchos ámbitos y una aplicación en la que se espera mucho crecimiento es en los diferentes medios de transporte, una aplicación sencilla se puede apreciar en la siguiente ilustración, en la que se puede ver un ejemplo de aplicación diferente, como puede ser una bicicleta eléctrica.



Ilustración 47. Ejemplo de pila de combustible en una bicicleta eléctrica.

La utilidad de la tecnología de pilas de combustible para la microgeneración es muy elevada y tiene muchas posibilidades de crecimiento. El problema que tienen las pilas de combustible es el tiempo de encendido que es elevado y varía, dependiendo del tipo utilizado, entre una hora y diez horas, también, que la inversión inicial de estas instalaciones es muy elevada y que no es una tecnología que actualmente esté muy desarrollada y, por tanto, no se cuenta con muchas instalaciones en la actualidad.

Las pilas de combustible destacan por su elevada eficiencia, sus bajas emisiones, su carácter modular y que operan de forma silenciosa. El uso de hidrógeno como combustible garantiza una energía limpia de muy elevada eficiencia, además permite la utilización de una tecnología renovable sin la intermitencia que tienen muchas de ellas y también son una buena alternativa para instalaciones híbridas.

Otros aspectos positivos de las pilas de combustible es que tienen un diseño modular, son sistemas flexibles y la construcción de la instalación es rápida y no requiere largos plazos de operación. El funcionamiento es automatizado y requieren un bajo mantenimiento, como las microturbinas por su elevada fiabilidad.

No generan prácticamente contaminantes o en el caso de los hidrocarburos producen muchas menos emisiones que los combustibles convencionales. Si bien es cierto, están condicionadas por la obtención del hidrógeno que es un proceso caro y además su almacenamiento no es sencillo, otro de los problemas con los que cuentan es la durabilidad de las pilas de combustible y que su degradación y riesgo de corrosión por la acción de los electrolitos es elevada.

7.5.6.2 Tecnología de las pilas de combustible

Hay diferentes tipos de pilas de combustible, se pueden clasificar en base a la temperatura de funcionamiento (alta o baja) y en base al material del electrolito. Un inconveniente que tiene esta tecnología es que tienen un corto periodo de vida sus instalaciones y necesitan ser renovadas, para asegurar el éxito comercial, deben tener un periodo de vida útil de al menos 50.000 horas, lo equivalente a 6 años. Hay cuatro modelos para alta temperatura: AFC, PEMFC, DMFC, PAFC y dos de baja temperatura: MCFC y SOFC:

- **Celdas alcalinas (AFC):** el electrolito utilizado es una solución de hidróxido diluido en potasio. El combustible es el hidrógeno puro, que evita reducciones en la eficiencia y los electrodos se hacen de níquel, óxido de níquel o de carbón dopado con platino. Funcionan a presión atmosférica y su vida útil es de más o menos un año.

- **Pilas de combustible de membrana polimérica (PEMFC):** La pila consiste en una membrana conductora de protones que está situada entre dos electrodos porosos que están recubiertos con platino por un lado y por el otro por hidrofóbico que permite la difusión del gas hasta la superficie del catalizador. Opera a una temperatura de 80 °C y presentan una densidad de potencia elevada. Se pueden alimentar con combustible reformado y con aire, el principal inconveniente es la necesidad de operar en presencia de un catalizador de metales nobles. Tienen una vida útil larga, entorno de 50.000 horas.

- **Pilas de combustible de ácido fosfórico (PAFC):** El electrolito utilizado es el ácido fosfórico concentrado, dispuesto dentro de una matriz de carbón de silicio y Teflón. Los catalizadores se hacen de platino y los electrodos de carbón poroso. Operan a temperaturas del orden de 150-200°C, y no necesitan como combustible hidrógeno puro. Producen menos energía que otras pilas y son más costosas, su tiempo de respuesta es superior a las PEMFC y necesitan mantenimiento para reponer pérdidas del electrolito. Estas pilas pueden proporcionar potencias del orden del 200 KW. Además el vapor de agua caliente que despiden permite su aplicación en sistemas de cogeneración

- **Pilas de combustible de carbonatos fundidos (MCFC):** Estas pilas utilizan como electrolito una solución líquida de carbonato de litio o carbonato de potasio contenida dentro de una matriz porosa de cerámica. El ánodo está constituido por polvo de níquel sinterizado al que se puede añadir cromo y el cátodo está constituido por óxido de níquel con un poco de litio. Operan a temperaturas del orden de los 650°C y pueden utilizar diferentes tipos de combustible como hidrógeno, el monóxido de carbono, gas natural, propano, etc. La eficiencia es muy elevada y permiten la

utilización de catalizadores más económicos, pero necesitan materiales con alta resistencia a la corrosión. Pueden conseguir una vida útil entorno a las 40.000 horas.

- **Pilas de combustible de óxidos sólidos (SOFC):** El electrolito está constituido por el óxido de itrio, que es un óxido no poroso, estabilizado con óxido de zirconio. El ánodo es de zirconio y el cátodo es de manganato de lantano dopado con magnesio. Operan a temperaturas muy elevadas entre 750 y 1050°C y por este motivo no necesitan metales nobles como catalizadores y pueden emplear monóxido de carbono y metano como combustible. También permiten ciclos combinados de alta eficiencia usando el calor residual. El inconveniente es que son muy sensibles a variaciones de temperaturas afectando contundentemente en la eficiencia. Por otro lado, se han conseguido prototipos con una vida útil sin interrupción de 69.000 horas.

- **Celdas de metanol directo (DMFC):** Son una variación de las celdas PEMFC que utilizan el metanol como combustible en vez de hidrógeno. Se emplean en aplicaciones de media o baja potencia.

Se encuentran en desarrollo actualmente estas tecnologías, es fácil ser optimistas con su evolución. Las tecnologías que más posibilidades de éxito tienen son las celdas de Óxido Sólido (SOFC) y celdas con membrana del intercambio de protones (PEMPC).

A continuación se puede ver un esquema del funcionamiento de una pila de combustible usual de óxido sólido.

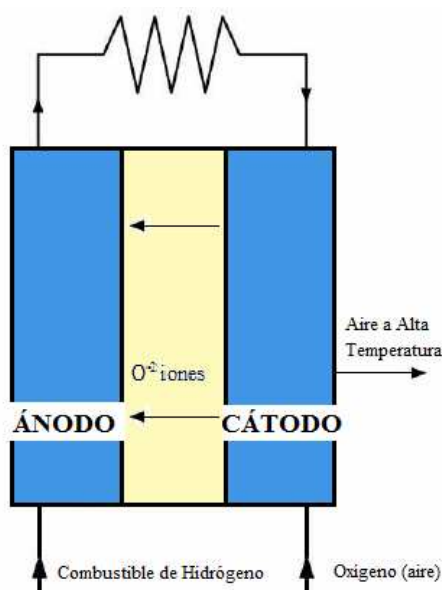


Ilustración 48. Esquema de una pila de combustible alimentada de hidrógeno.

El combustible de hidrógeno entra en el ánodo donde tiene lugar la reacción con los iones del oxígeno para formar vapor y electrones, éstos son conducidos al cátodo para combinarse con oxígeno proporcionado por la entrada de aire y producir los iones de oxígeno que atraviesan el electrolito. El exceso de aire se puede utilizar para el funcionamiento de una microturbina de gas.

Las celdas proveen de corriente continua que ajustando el nivel de voltaje de la celda alimentando a un inversor, que proporciona una corriente trifásica y pudiendo conectarse a la red eléctrica. Estos sistemas van acompañados de bombas, electroválvulas, reguladores de presión, intercambiadores de calor, etc.

Por lo tanto son también sistemas complejos como las demás tecnologías y además hay que sumarles la obtención de los combustibles que se utilizan para las reacciones químicas, que son necesarias para la generación eléctrica.

En cuanto al combustible que utilizan, el hidrógeno, se va a tratar de explicar brevemente el proceso para su obtención. La **obtención del hidrógeno** se puede hacer a partir de fuentes de energías renovables como hidroeléctrica, eólica y solar, aunque también se puede hacer a partir de combustibles fósiles.

Antes de que pueda utilizarse, debe ser extraído a partir de los componentes con los que se encuentra combinado en la naturaleza, lo que requiere energía, por este motivo no es una fuente de energía primaria, sino secundaria.

El hidrógeno puede obtenerse mediante el reformado utilizando vapor, técnica que se utiliza desde hace décadas. También se produce por electrólisis, aunque el coste es más elevado que el hidrógeno derivado de los combustibles fósiles. Y luego está el uso de energías renovables para producir hidrógeno, pero ahora mismo es un método caro que producirlo mediante combustibles fósiles. Producirlo a partir de combustibles fósiles entraña la producción de CO₂.

El reformado es el método más barato de producir hidrógeno. En este proceso el gas natural y el vapor sobrecalentado pasan a través de un catalizador a 900 °C para producir una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono. El monóxido de carbono reacciona con más vapor para producir más hidrógeno que es purificado.

El hidrógeno tiene un alto contenido energético por kilogramo, pero tiene una muy baja energía por unidad de volumen. Otro de los problemas que tiene el hidrógeno es el almacenamiento que actualmente los métodos de almacenamiento son como gas como gas comprimido y como líquido, también se puede almacenar formando hidruros metálicos, pero este método implica un elevado coste. Por este motivo se están buscando otros métodos de almacenamiento a un coste inferior, como por ejemplo, mediante el mecanismo de adsorción de partículas de carbono divididas.

Por lo tanto, la producción, el almacenamiento y el transporte del hidrógeno entrañan problemas para su producción, pero se confía en que los avances de las investigaciones que se están llevando a cabo faciliten esta tecnología y mejoren económicamente su utilización adaptándose a las necesidades de cuidado medioambiental y de esta forma facilitar su utilización en las pilas de combustible

La producción de electricidad a partir de las pilas de combustible es una realidad. También es muy importante la aportación de las pilas de combustible en sistemas aislados de la red eléctrica, ya que se podrían utilizar en países sin acceso a la red eléctrica para toda la población, donde la instalación de una red eléctrica para abastecer en todo el territorio tiene unos costes muy elevados, y la instalación de sistemas aislados para abastecer viviendas y barrios, es una posibilidad factible y necesaria.

Es de esperar también, que en los próximos años la investigación en el sector de las pilas de combustible permita su evolución tanto en sistemas de microgeneración como en otros sectores. De esta forma, que también puedan competir con otras tecnologías renovables que ya están más desarrolladas y que, como ya se ha comentado, pueden competir incluso con las tecnologías convencionales. Se espera, por lo tanto, un crecimiento adecuado que debe ser impulsado y favorecido por la legislación con ayudas adaptadas a sus necesidades.

7.5.7 Instalación y conexión a la red eléctrica de una instalación de microcogeneración

Antes de iniciar la instalación de un sistema de microcogeneración se debe hacer un estudio de viabilidad de la instalación. El estudio debe ser preciso, analizando si se dispone de los recursos adecuados para llevarla a cabo, además de un estudio técnico, económico y regulatorio de la instalación.

Inicialmente, es necesario analizar el suministro de combustible, para garantizar que sea el adecuado, analizando también si se puede acceder con facilidad a la unidad de cogeneración y si la localización prevista es la adecuada, analizando los diferentes factores y características para la localización como el ruido o los gases de escape. También se deben estudiar las instalaciones en uso en ese momento para analizar si se deben efectuar cambios en los sistemas de calefacción, de distribución eléctrica o en los sistemas de control, así como los recursos de los que se pueden hacer uso de combustibles y electricidad.

Posteriormente, en este estudio de viabilidad se deben analizar los costes de la planta de cogeneración, así como el rendimiento esperado de la instalación, así como estudiar las posibilidades de financiación y apoyo económico o las diferentes posibilidades de financiación con las que se puede contar. También se deben llevar a cabo relaciones con las autoridades pertinentes y con los organismos políticos para la obtención de las autorizaciones necesarias para la instalación de la planta.

Después del análisis de viabilidad, se debe hacer una evaluación de los perfiles de las cargas térmicas y eléctricas. Los perfiles de cargas eléctricos pueden determinarse fácilmente, se estudian los consumos y las cargas diarios, las variaciones estacionales de consumo, etc. Las cargas térmicas son más complicadas de medir, pero es muy importante para un correcto funcionamiento y un coste eficiente para los requisitos.

Se debe analizar el tamaño necesario de la unidad de cogeneración y se debe analizar cual es el impulsor más adecuado, que en nuestro caso debe ser la elección entre pilas de combustible o microturbinas. Durante la fase de evaluación también deben estudiarse las posibilidades de reducción de la demanda energética. También debe considerarse el acceso a los servicios eléctricos, de calefacción y de suministro de combustible, las emisiones sonoras, los requisitos de ventilación y los requisitos de mantenimiento de la instalación.

Es un factor muy importante también un análisis económico muy detallado de los costes de la instalación, tanto de los costes para llevar a cabo la instalación, como los costes operativos y de mantenimiento de la instalación, así como el estudio de las diferentes posibilidades de ahorro.

Para el registro de la instalación en Régimen Especial deben seguir los pasos marcados por la administración para las instalaciones de cogeneración. Se debe hacer la solicitud a los órganos correspondientes de las Comunidades Autónomas competentes de la materia y a los órganos estatales competentes.

7.5.8 Ejemplos de aplicación de microcogeneración

Las instalaciones de microgeneración pueden adaptarse perfectamente a las necesidades de una vivienda unifamiliar, ya que pueden cubrir las necesidades eléctricas, las necesidades de generación de calor en temporadas invernales, e incluso para instalaciones de refrigeración de la vivienda en los meses de verano.

Además, estas instalaciones pueden combinar diferentes tecnologías energéticas (energía solar, energía eólica y cogeneración), aunando de esta forma las diferentes tecnologías utilizadas en la vivienda para el autoabastecimiento de las necesidades energéticas y también, al estar conectadas a la red eléctrica, a la venta de los excedentes de electricidad a la red pública de distribución eléctrica.

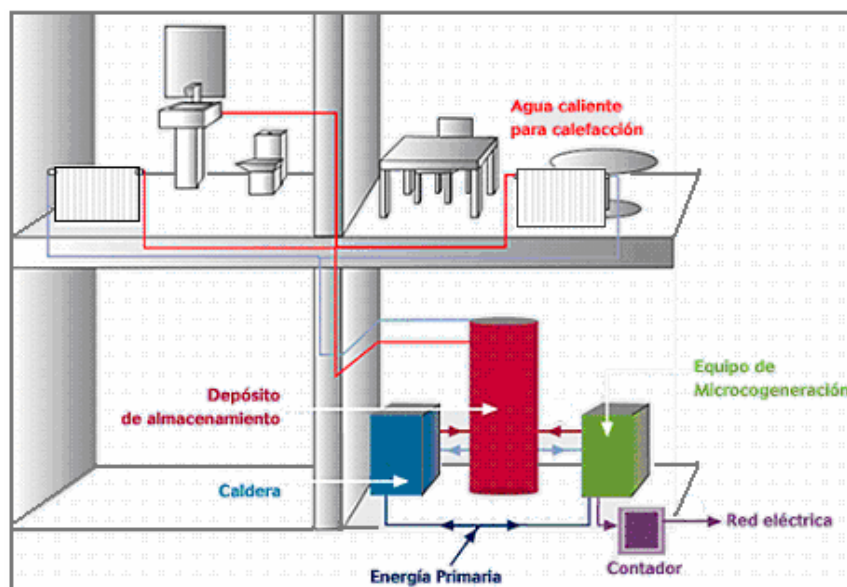


Ilustración 49. Esquema de microcogeneración conectada a la red eléctrica. Fuente: Endesa

En el esquema se pueden observar los diferentes elementos de una instalación de microgeneración, el equipo de microgeneración puede ser cualquier tipo de tecnología ya explicada, como una instalación basada en pilas de combustible o un sistema formado por una microturbina.

Es importante también el contador que registra la energía subida a la red eléctrica y la importada a la instalación de la vivienda. Además, también está formada por todo el sistema eléctrico, así como de las protecciones necesarias por la conexión a la red eléctrica. Además, el calor residual generado por el Equipo de Microcogeneración se traslada a un depósito de almacenamiento y se aprovecha convirtiéndose en calor útil, que se puede utilizar en el edificio dentro del sistema de agua caliente sanitaria y para calefacción.

El depósito de almacenamiento sirve para funcionar con continuidad la instalación y así facilitar su vida útil y la rentabilidad de la instalación. También se puede observar que están compuestos por una caldera convencional y actúa de apoyo en caso de necesidad para cubrir los picos de demanda.

En el aeropuerto de Barajas de Madrid hay una instalación de trigeneración, la instalación no está basada en energías renovables ni en microturbinas, pero es muy interesante como ejemplo de aplicación de microcogeneración al no superar los 50 MW.

El funcionamiento de la instalación es el que sigue: el combustible se precalienta antes de la entrada al motor y un generador que es movido por el motor produce electricidad, los gases de escape calientan agua, de la que parte se emplea para instalaciones de agua caliente sanitaria y para calefacción, y la otra parte se utiliza para producir frío pasando al enfriador de absorción, que se emplea en los sistemas de aire acondicionado de edificios.

La planta genera 33,6 MW de potencia neta y está unida a la red eléctrica del aeropuerto y a la red pública de electricidad y la eficiencia energética de la instalación tiene un valor del 74%.

Un ejemplo de microgeneración que se produce en Reino Unido es el abastecimiento de viviendas mediante el hidrógeno. Si bien es cierto, el hidrógeno se obtiene a partir del gas natural, aunque este procedimiento podría ser diferente y obtenerse también a través de energías renovables como se ha explicado antes.

Y han conectado a la red eléctrica la vivienda, de forma que produce energía que puede ser vendida a la red eléctrica pública. El sistema es muy interesante, se utiliza el gas natural para la generación del hidrógeno y mediante una pila de combustible se produce energía eléctrica para el autoabastecimiento de la vivienda y para vender los excedentes al mercado. Esta es una posibilidad muy atractiva para el futuro pudiendo aplicarse en barrios enteros o en varias viviendas o edificios comerciales generando electricidad a un coste bajo. Este sistema, también es un sistema muy interesante para instalaciones aisladas de la red eléctrica, que en poblaciones pobres de países en los que la red eléctrica no llega a todos los puntos del territorio, son muy interesantes y perfectamente aplicables en la actualidad y con posibilidades de evolución tecnológica en un breve periodo de tiempo.

7.6 Energía Hidráulica

7.6.1 Definición

La energía hidráulica es la energía que aprovecha la energía potencial de una cantidad de agua situada en el cauce de un río, para convertirla en energía mecánica mediante el movimiento de una turbina y luego ser convertida en electricidad.

La energía hidráulica se ha empleado ya desde la antigüedad convirtiendo la energía cinética en trabajo, como se ha visto a lo largo de la historia en molinos construidos a orillas de los ríos, desde hace más de un siglo la energía cinética se utiliza para generar electricidad.



Ilustración 50. Molino instalado en la orilla de un río para aprovechar la energía cinética.

Como el resto de las energías renovables, no es una fuente de energía finita, sino que es un flujo de energía inagotable, limpia, no contaminante y de origen natural. En la actualidad, hay grandes instalaciones hidroeléctricas de gran potencia, que abastecen de electricidad a gran escala. También hay pequeñas centrales hidroeléctricas que pueden funcionar como instalaciones de microgeneración. Aproximadamente el 20% de la energía producida en el mundo proviene de la energía hidráulica.

Es una energía muy competitiva, el coste del kilovatio-hora de la energía hidráulica compite con el de la electricidad que procede de los combustibles fósiles. Las instalaciones hidroeléctricas tienen rangos de potencia muy variables y por este motivo se pueden incluir dentro de las tecnologías de microgeneración, su potencia puede variar desde cientos de vatios hasta giga vatios.

El aprovechamiento de la energía hidráulica se lleva a cabo en las centrales hidroeléctricas, que se pueden dividir en dos tipos de centrales:

- **Centrales de agua fluyente:** captan una parte del caudal del río, lo trasladan hacia la central y, una vez utilizado se devuelve al río.
- **Centrales de pie de presa:** se sitúan debajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros fines. Estas centrales tienen la ventaja de almacenar el agua y poder emplearla cuando se necesiten.

Las centrales eléctricas se pueden clasificar en diferentes tipos entre los que se incluyen las minicentrales hidroeléctricas, las centrales eléctricas de gran potencia y las centrales eléctricas reversibles. Las **minicentrales hidroeléctricas** son las centrales de potencia menor de 10 MW. Se va a estudiar un grupo incluido dentro de las

minicentrales hidroeléctricas que son las **microhidráulicas**, instalaciones de potencia menor de 1 MW.

Las centrales hidroeléctricas tienen muchas ventajas, como por ejemplo el control del caudal de los ríos gracias a las presas, evitando de esta forma problemas hidrográficos como las inundaciones, proporcionan suministro de agua potable a poblaciones, producen electricidad con bajos costes, tienen una vida útil muy amplia, es una fuente renovable y limpia de producción de electricidad y se pueden dar otros usos de ocio a los embalses que pueden dar también beneficios económicos.

Entre las desventajas destaca que pueden afectar a zonas de interés ecológico y humano, así como posibles pérdidas de fauna, también como inconvenientes tienen los problemas estructurales de las presas, aunque es cierto que la seguridad de las presas es muy elevada. También causan problemas a peces y reptiles al cambiar los flujos naturales de los ríos, aunque en este sentido también se hacen grandes esfuerzos para tratar de perjudicar lo menos posible, también se disminuyen caudales de ríos y provocan cambios de infraestructuras en las zonas de las presas, estos problemas dependen directamente del tamaño de las presas.

7.6.2 Estado de la energía hidráulica

La energía hidráulica es una de las tecnologías que mayor presencia tiene en el marco energético en España, tiene uno de los parque hidroeléctricos más desarrollados del mundo, aunque si bien es cierto en los últimos años ha disminuido su aportación a la producción total de electricidad, en favor de otras energías.

En España, la energía hidráulica ocupa el segundo lugar dentro de las energías renovables después de la energía eólica en consumo de energía primaria y en la producción de electricidad en 2009, como se ha observado en las ilustraciones 8 y 9. La energía hidráulica depende de la hidraulicidad del país. España es uno de los países que mayor capacidad tiene de agua embalsada, además de su aportación energética, también ayudan a regular las cuencas hidrográficas y evitan inundaciones.

A continuación, se puede observar un gráfico de la evolución de la potencia instalada de microhidráulica acogida al régimen especial.

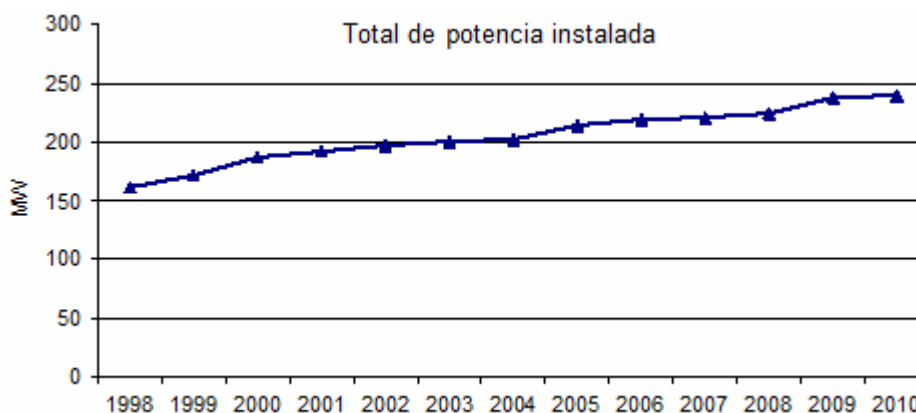


Ilustración 51. Evolución de la potencia instalada de microhidráulica en régimen especial. [7]

Como se ha observado en la anterior ilustración, el crecimiento de la energía hidráulica ha sido constante, principalmente, por la madurez del sector hidroeléctrico en

España. En cambio en las demás tecnologías de microgeneración el desarrollo se produjo a partir del 2008. A continuación, se puede observar un gráfico de la potencia vendida de instalaciones de microgeneración de energía hidráulica en régimen especial.

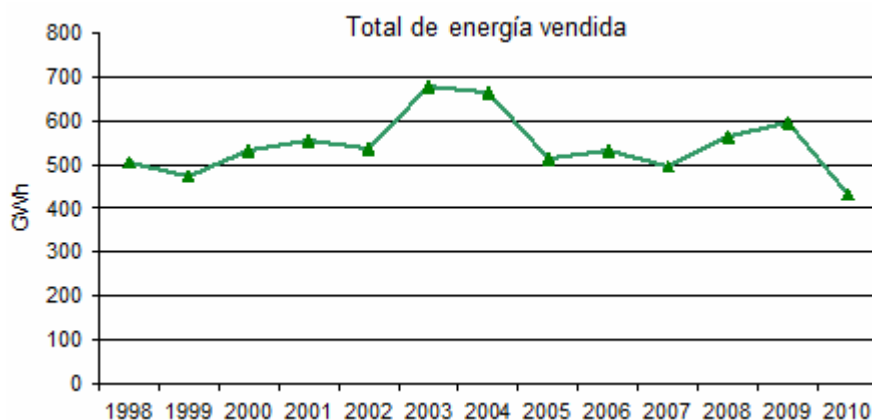


Ilustración 52. Evolución de la energía hidráulica de microgeneración vendida en régimen especial. [7]

Los picos que se observan en el gráfico de la energía hidráulica de gran potencia en régimen ordinario son debidos principalmente a la hidraulicidad del año, y en los últimos años en España la hidraulicidad fue mala, teniendo lugar una época de sequía. Por ejemplo, en el año 2002 y el año 2005 fueron años de baja productividad hidráulica, en cambio el año 2003 fue especialmente positivo. En los años 2009 y 2010 la hidraulicidad ha sido muy buena, pero los datos de ventas del 2010 no son definitivos, por lo tanto, no se tendrá en cuenta la bajada de la energía vendida en este año. Previsión en el PANER para la microhidráulica de 268 MW para el año 2020.

La regulación para la minihidráulica en España se contempla en el Real Decreto 661/2007 sobre la regulación de la energía en régimen especial, están reconocidos como grupos que se pueden acoger al régimen especial las centrales hidroeléctricas cuya potencia instalada no sea mayor de 10 MW y en otro grupo diferente las centrales hidroeléctricas cuyo rango de potencias esté entre 10 y 50 MW. Aunque consideramos las instalaciones de microgeneración a aquellas de potencia menor de 1 MW.

7.6.3 Tecnología hidráulica

Un complejo hidráulico consta de diferentes partes:

- Embalse: es el agua retenida en el curso de un río.
- Presa: estructura que se construye para contener el agua del embalse.
- Rejillas de filtrado: útiles para retener partes sólidas y separarlas del agua.
- Tubería forzada: para transformar la energía potencial en energía cinética, el agua por la tubería avanza a gran velocidad y también aumenta su presión.
- Grupo turbina-alternador: parte fundamental para la transformación eléctrica.
- Turbina hidráulica: en ella se transforma la energía cinética en movimiento de rotación. Destacan tres tipos: las turbinas Francis, Kaplan y Pelton.
- Eje: solidario a la turbina.
- Generador Eléctrico: transforma el movimiento de rotación en electricidad.

- La sala de máquinas: alberga y protege a los generadores, es donde se realizan las actividades de mantenimiento.
- Transformadores: elevan la tensión de la electricidad producida.
- Líneas de transporte de la electricidad: tienen la función de transportar la electricidad hasta la red eléctrica.

Las turbinas Francis se utilizan principalmente en plantas de tamaño medio y grande. Son turbinas de flujo radial centrípeto, funcionan completamente sumergidas. Pueden funcionar tanto como con el eje vertical como con el eje horizontal. Las turbinas reciben el flujo canalizado a través de un tubo curvo cuyo tamaño va disminuyendo progresivamente, el agua fluye hacia el interior del rodete. El trazado de las superficies de los conductos es fundamental para lograr una alta eficiencia.

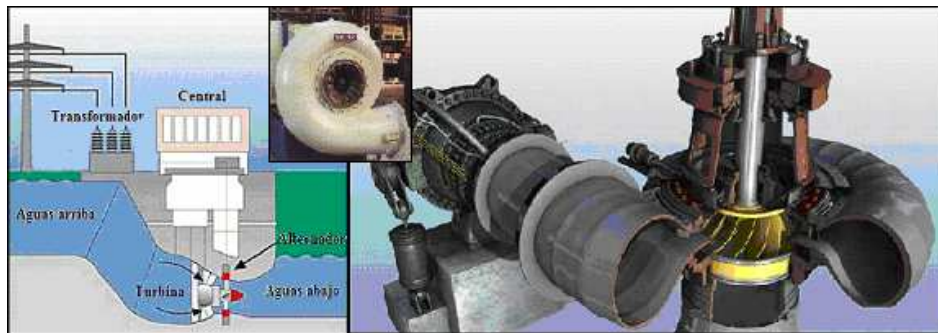


Ilustración 53. Ejemplo de salto en un embalse con turbina Francis y detalles de la turbina Francis

Pueden funcionar tanto como con el eje vertical como con el eje horizontal. Las turbinas reciben el flujo canalizado a través de un tubo curvo cuyo tamaño va disminuyendo progresivamente, el agua fluye hacia el interior del rodete. El trazado de las superficies de los conductos es fundamental para lograr una alta eficiencia.

Las turbinas Francis, también llamadas turbinas de reacción, ruedan con la máxima eficiencia cuando la velocidad del álabe es ligeramente menor que la velocidad del agua que incide sobre ellos. Al cruzar los álabes curvos el agua es desviada lateralmente y se transfiere la energía al rodete manteniendo la rotación.

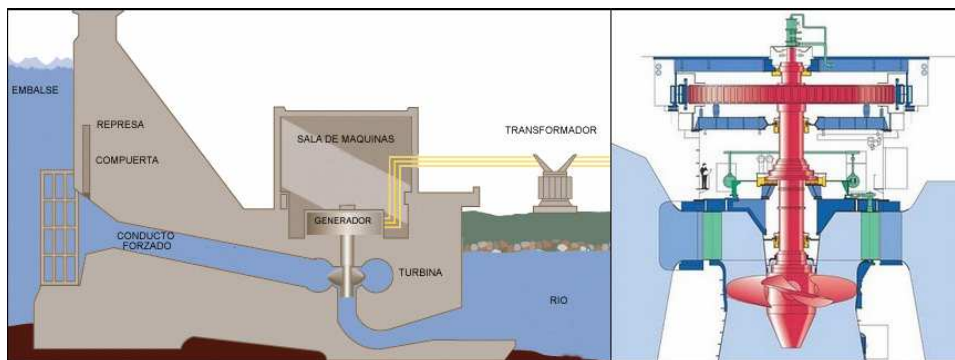


Ilustración 54. Ejemplo de salto en un embalse con turbina Kaplan y detalle de la turbina Kaplan

Las turbinas de Kaplan o turbinas de impulsión tienen un área de entrada muy grande, lo máximo posible, y toda el área es barrida por las hélices. Son turbinas de

flujo axial, adecuadas para un flujo muy grande de agua y son típicas en lugares donde el salto del agua es pequeño. Un aspecto positivo, de estas turbinas, es que variando la inclinación de las palas se pueden producir mejoras de la eficiencia. La velocidad de las palas es mayor que la del agua, pudiendo llegar a ser el doble, lo que permite velocidades de rotación muy elevadas.

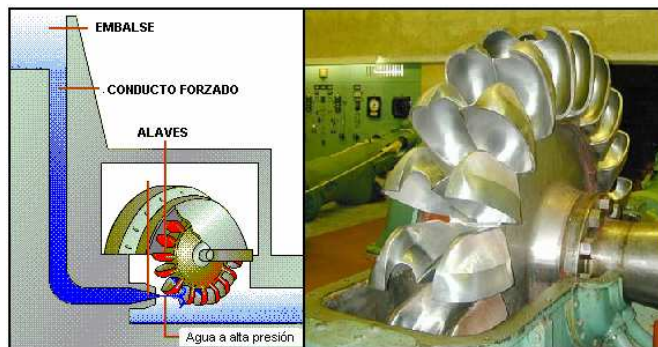


Ilustración 55. Ejemplo de salto en un embalse con turbina Pelton y detalle de la turbina Pelton

Las turbinas Pelton o turbinas de acción son básicamente ruedas provistas de “cazos” dobles alrededor del rotor. Sobre los cazos, que se pueden observar en la ilustración anterior, incide el agua a alta presión que proviene de la tubería forzada que golpea en el borde existente entre los cazos, provocando de esta forma el giro de la rueda. El agua cede de esta forma la energía cinética, la potencia se puede graduar ajustando el diámetro del chorro incidente o desviando el chorro con respecto a la rueda.

Hay otras variantes de las turbinas Pelton que son las denominadas turbinas Turgo y las turbinas Banki que son una variante que se utilizan en vez de la Francis en plantas pequeñas con salidas por debajo de los 100 KW.

7.6.4 Microhidráulica

Las centrales microhidráulicas son las que su potencia máxima instalada no supera 1 MW. Hay 639 centrales microhidráulicas en España, según los datos extraídos de la Comisión Nacional de Energía.

Las minicentrales hidráulicas tienen una existencia histórica en los antiguos molinos y ferrerías, que eran instalaciones para el aprovechamiento hidráulico, luego aparecieron las instalaciones que aprovechaban los molinos para generar electricidad mediante una dinamo.

España tiene un sistema de generación de energía hidráulica consolidado y la generación hidroeléctrica a pequeña escala como tecnología de microgeneración se espera que continúe creciendo en los próximos años. En los últimos años se han llevado a cabo muchas instalaciones plantas de minihidráulica, porque no perjudican tanto el entorno como las grandes centrales hidroeléctricas.

Las centrales microhidráulicas y minihidráulicas tienen muchas ventajas con respecto a la energía hidráulica de gran potencia, como se ha explicado anteriormente, respecto a los efectos medioambientales y demás aspectos que las diferencian. También tienen otros aspectos positivos como que es una energía limpia, renovable, es una tecnología madura que comparándola con otras tecnologías renovables tiene ventajas.

En las centrales microhidráulicas se obtiene un rendimiento muy alto en la transformación eléctrica, por este motivo su uso principal es la producción de electricidad. Es una energía que no produce residuos contaminantes en su proceso de producción eléctrica, también es importante el carácter autóctono de la energía, su fácil aplicación dentro de la generación distribuida es otra de sus ventajas, así como todos los beneficios medioambientales y ser una fuente inagotable de energía.

Se llevan a cabo las instalaciones en localizaciones como viejas centrales inactivas o antiguos molinos, en conducciones de agua potable o instalaciones de aguas residuales, en canales de riego, etc. La instalación de minicentrales en tuberías o conducciones de agua potable tiene una aplicación práctica muy adecuada porque requieren una obra civil mucho menor que en otras localizaciones y además los trámites administrativos son más sencillos y menos problemáticos. Además es aprovechar un recurso energético que se está perdiendo al tener ya gran parte de la infraestructura necesaria para la obtención de energía eléctrica y es una forma de rentabilizar y aprovechar infraestructuras dándoles más usos de los que ya tienen.



Ilustración 56. Ejemplo de conducciones aprovechables y molinos reutilizables.

Uno de los inconvenientes que tienen las instalaciones hidráulicas es el coste inicial de la tecnología, que debería ser reducido para facilitar su implantación, así como una mejora de la estructura financiera que ayude a una mejora de las ventajas del beneficio, también es positivo aprovechar instalaciones para darles usos energéticos, como pueden ser antiguos molinos o el aprovechamiento de conductos de agua potable o de riego, así como las diferentes infraestructuras aprovechables.

Las plantas de energía microhidráulica están condicionadas por las características del lugar donde se puedan instalar. Tienen como inconveniente que necesitan ríos con saltos de agua y viento en el lugar de la instalación. La topografía de la tierra, por lo tanto, influye y es determinante en la construcción civil y en la selección del tipo de maquinaria que se utilizará. También cuentan con el problema de la variabilidad del recurso hidráulico, hay años o temporadas de gran hidraulicidad y otros en los que no, y en los que los recursos hidráulicos se estancan.

7.6.4.1 Diseño de una instalación microhidráulica

Entre las centrales de microhidráulica se puede hacer una clasificación como en las centrales de gran potencia:

- Centrales de agua fluente: no disponen de embalse, captan la energía directamente del caudal del río o mediante una toma del desvío del río.

- Centrales de pie de presa: tienen un embalse regulador que independiza la producción de electricidad del caudal del río.
- Centrales integradas en un canal de riego o de abastecimiento: dos tipos, las que aprovechan una rápida en un canal de irrigación y las que construyen un toma lateral que alimenta una tubería forzada instalada a lo largo del canal.

Una central microhidráulica consta de diferentes elementos, entre las que están las infraestructuras e instalaciones necesarias para conducir el agua y las infraestructuras para albergar los equipos electromecánicos y sistema eléctrico general y de control. Los diferentes elementos son las azudes y presas para provocar la retención de los ríos, aliviaderos para permitir el paso del agua desde el embalse al cauce del río, la toma del agua para facilitar la entrada del agua en la presa.

También constan de **canales, tuberías y túneles**, depende del tipo de instalación habrá un número determinado de conducciones para la central. La cámara de carga es un depósito que está al final del canal, donde comienza la tubería forzada, se puede utilizar como depósito final de regulación. Estas cámaras tienen además una chimenea de equilibrio, que amortiguan las variaciones de presión y la protegen de los golpes de ariete. La **tubería forzada** es la que se encarga de llevar el agua desde la cámara de carga hasta la turbina, preparada para aguantar la presión del agua. Puede estar enterrada o colocada de forma aérea, los materiales de las que están construidas son el acero, la fundición plástico reforzado de fibra de vidrio y el fibrocemento y el diámetro se diseña normalmente en función del caudal.

Constan también de la infraestructura o **edificio** en el que se sitúan las turbinas, las bancadas, los generadores, los alternadores, los cuadros eléctricos, los cuadros de control, etc. Consta también de las conducciones necesarias para que el agua llegue a la turbina. Cuentan también con elementos de cierre y de regulación, como las ataguías, las compuertas o las válvulas, que sirven para aislar la turbina y otros elementos.

En cuanto al equipo electromecánico, dependiendo de la localización y del flujo del canal, se determina la potencia y el tipo de microturbina a instalar. La **turbina hidráulica** es una parte fundamental, aprovecha la energía cinética y potencial del agua, para transformarla en un movimiento de rotación transferido de un eje al generador que produce energía eléctrica. La elección del tipo de turbina depende del salto y del caudal del agua, teniendo en cuenta también las curvas de rendimiento de las turbinas, así como la localización de la central microhidráulica.

Hay diferentes tipos de microturbinas:

- Turbinas de reacción. En estas turbinas, la energía del agua que sale del distribuidor es en parte cinética y en parte de presión. Estas trabajan completamente sumergidas en el agua, y tienen en su parte final un difusor. Hay diferentes tipos de turbinas de reacción, como las turbinas Francis y la turbina Kaplan que se han explicado anteriormente.
- Turbinas de acción. En estas, la energía del agua que sale del distribuidor es totalmente cinética, la transformación de energía potencial a cinética se produce al pasar a través de una aguja que provoca un ensanchamiento del diámetro del conducto forzado. A lo largo de todo el recorrido a través del rodete, el fluido se encuentra a presión atmosférica. Las únicas turbinas de acción utilizadas son las turbinas Pelton, que también se han explicado antes.

El **generador** transforma la energía mecánica en energía eléctrica, basa su funcionamiento en la inducción electromagnética. Está compuesto de dos partes fundamentales, el rotor que genera un campo magnético variable al girar y el estator sobre el que se genera la corriente eléctrica. Los generadores pueden ser síncronos o asíncronos. Otro elemento fundamental es el **transformador eléctrico** que forma parte del equipo eléctrico, tienen como objetivo elevar la tensión al nivel de la línea existente, consta de un sistema de refrigeración que puede lograrse por convección natural o circuito cerrado de aceite o silicona. Los equipos eléctricos están formados por disyuntores y seccionadores para la conexión y la desconexión de la red, transformadores de medida de tensión y de intensidad, transformadores de equipos auxiliares y pararrayos o autoválvulas.

También constan muchos **elementos de regulación, control y protección**, son necesarios para regular y controlar el buen funcionamiento de la instalación, entre estos elementos está el regulador de velocidad en instalaciones con generador síncrono, en reguladores de nivel para centrales con generador asíncrono conectados a la red, regulador del caudal turbinado, regulador de tensión, equipos de sincronización, protecciones mecánicas (control de velocidad de la turbina, temperatura de ejes y cojinetes, etc.), protecciones eléctricas del generador y transformador (intensidad máxima, de retorno de potencia, producción de gases, nivel de tensión, etc.), etc.

Y por último, tienen otros sistemas auxiliares como sistemas de ventilación, sistemas de alumbrado normal y de emergencia, las rejillas, las protecciones contra incendios, el puente grúa, etc.

7.6.4.2 Instalación y conexión a la red eléctrica

Parte fundamental para una instalación hidroeléctrica es la elección de un caudal adecuado para definir todo el equipamiento de la instalación. Se determinan los caudales máximos, medios y mínimos diarios correspondientes a varios años, de manera que se agrupan los datos por años hidrológicos.

Estas mediciones se pueden hacer mediante organismo públicos a través de las estaciones de aforo, aunque sino existen aforos en donde se instalará la minicentral, se deben hacer estudios teóricos basados en datos de precipitaciones y cuencas cercanas. Con todos estos datos se obtiene una distribución estadística caracterizando el cauce para la aportación hidrográfica del cauce. Es importante también el diseño del salto que debe ser el máximo posible. Luego se deben elegir las diferentes infraestructuras y elementos de los que están compuestas las centrales, que se han explicado en el apartado anterior. Mediante los análisis anteriores se deben decidir las turbinas que se utilizarán y los diferentes elementos necesarios para la instalación.

También, se debe tener cuidado y estudiar detenidamente el impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico ya que una vez efectuada la instalación, es irreversible. Se deben estudiar los efectos hidrológicos y los efectos de las presas. Aunque las instalaciones sean pequeñas y sus efectos menores, en comparación con las grandes instalaciones, es cierto que se debe tener cuidado con los posibles efectos que puede provocar la instalación minihidráulica.

En relación a los efectos hidrológicos, no son únicamente los cambios de caudal, sino, los efectos medioambientales al provocar cambios efectuados en un río. Una presa puede causar trastornos provocando cambios medioambientales

En cuanto al registro, en el Real Decreto 661/2007 se dice en el Artículo 7 como se debe realizar la presentación de la solicitud:

“En el caso de las instalaciones para cuya autorización sea competente la Administración General del Estado, la solicitud de inclusión en el régimen especial deberá ser presentada por el titular de la instalación o por quien le represente, entendiendo por tales al propietario, arrendatario, concesionario hidráulico o titular de cualquier otro derecho que le vincule con la explotación de una instalación.

Esta solicitud deberá acompañarse de la documentación acreditativa de los requisitos a que se refiere el artículo anterior, así como de una memoria-resumen de la entidad peticionaria que deberá contener:

- a) Nombre o razón social y domicilio del peticionario.*
- b) Capital social y accionistas con participación superior al cinco por ciento, en su caso, y participación de éstos. Relación de empresas filiales en las que el titular tenga participación mayoritaria.*
- c) Las condiciones de eficiencia energética, técnicas y de seguridad de la instalación para la que se solicita la inclusión en el régimen especial.*
- d) Relación de otras instalaciones acogidas al régimen especial de las que sea titular.*
- e) Copia del balance y cuenta de resultados correspondiente al último ejercicio fiscal.” [14]*

En el informe del impacto ambiental se deben analizar los efectos:

- Sobre el sistema acuático: como la alteración del caudal, la interrupción de las corrientes del agua, la pérdida de calidad del agua, las barreras para la población piscícola, etc.
- La pérdida de suelo y la erosión: necesidad de utilización de terrenos naturales para las infraestructuras y la erosión de suelos de uso vegetal.
- La destrucción de la vegetación
- Alteraciones sobre la fauna: la fauna piscícola, pérdida del hábitat de algunas especies terrestres, etc.
- Cambios paisajísticos.

La instalación debe realizar el registro contactando con la autoridad competente a nivel nacional y regional, así como las diferentes autorizaciones administrativas y los requerimientos para tener derecho a las retribuciones. Y así, poder vender la energía eléctrica producida dentro del régimen especial.

7.6.4.3 Ejemplos de aplicación

En Arlanzón, población cercana al río Duero, hay una instalación microhidráulica acogida al Régimen Especial que produce electricidad aprovechando el canal de riego del municipio. La instalación tiene una turbina de 40 KW y puede aprovechar niveles bajos de caudal, permitiendo la optimización de la instalación.



Ilustración 57. Colector y turbina de la instalación microhidráulica de Arlanzón. [29]

La realización de la instalación supuso un coste elevado pero con la venta de la electricidad se espera una amortización de la inversión en 10 años, la instalación es muy interesante y además de los posibles beneficios económicos, supone beneficios medioambientales, sociales y de aprovechamiento de recursos que no estaban siendo utilizados.

Un ejemplo de aprovechamiento hidráulico y reutilización de instalaciones es una casa rural “El Molino del Camino”, de Vilviestre de Muñó, que está en la provincia de Burgos también. La instalación es muy antigua y ya se utilizaba en el siglo XIX para diferentes aplicaciones. Actualmente, suministra electricidad y cubre completamente el alojamiento ya que no está acogida al Régimen especial, aunque podría hacerlo. Aunque no se ha acogido al régimen especial se considera que es un ejemplo adecuado para entender como antiguas instalaciones se pueden readaptar para su uso energético.



Ilustración 58. Casa rural "El Molino del Camino".

8. Conexión a la red eléctrica

En este apartado se analizarán diferentes aspectos de la generación distribuida, del régimen especial y de la microgeneración en términos de la conexión a la red eléctrica, así como de sus diferentes características y de las medidas que se deben llevar a cabo para una conexión adecuada de las instalaciones, y también para su adecuada utilización. Muchas de las necesidades de la conexión a la red eléctrica no son únicas de la microgeneración sino que muchas tienen lugar en los sistemas de generación distribuida. Además, las redes eléctricas en la Unión Europea están en proceso de cambio y en este apartado se explicarán los más significativos.

Uno de los objetivos fundamentales de la generación distribuida es la maximización de la eficiencia, uno de los sectores que va a ser fundamental es el de la edificación y la construcción ya que puede integrar muchas soluciones de microgeneración que facilitarán la consecución de los objetivos. En la siguiente ilustración se puede ver un sistema con una gran central eléctrica y diferentes sistemas de generación distribuida y de microgeneración con sistemas que facilitan la integración de los diferentes elementos de la red eléctrica, como las “virtual power plants”.

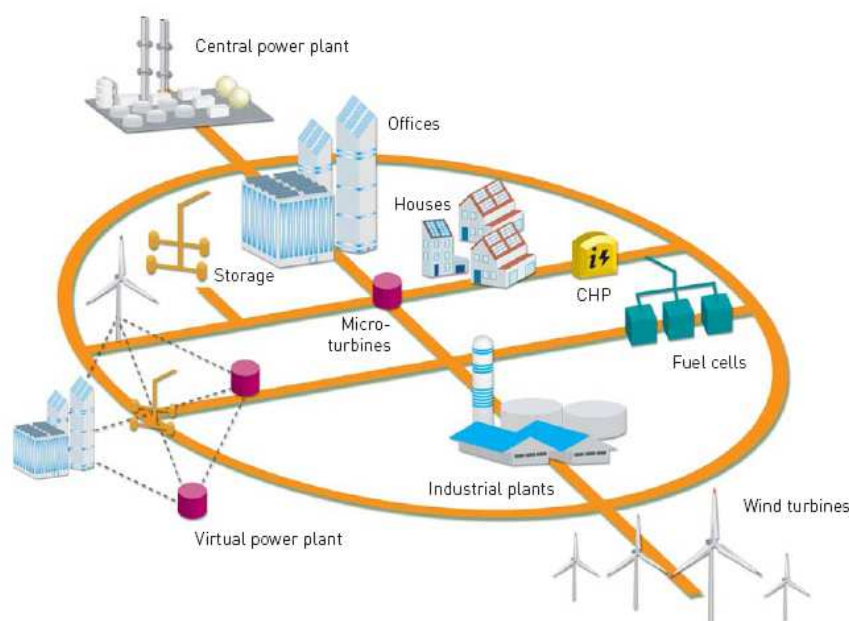


Ilustración 59. Esquema de los sistemas eléctricos combinando grandes centrales y microgeneración. [30]

Para hacer una transición en el cambio de la red eléctrica es necesaria la implicación de todos los actores participantes del sector eléctrico, los gobiernos, los reguladores, los consumidores, los productores, etc.

En este apartado se van a analizar los diferentes sistemas y aplicaciones que se deben aplicar para hacer efectiva la conexión de las instalaciones de microgeneración a la red eléctrica, así como diferentes aspectos referentes a la conexión de las instalaciones a la red eléctrica y los elementos como los centros de control, explicando también los cambios que se pueden producir en las redes eléctricas.

8.1 Sistemas de interconexión a la red eléctrica

Las instalaciones de microgeneración requieren una conexión adecuada a la red eléctrica. Los sistemas de interconexión están formados por equipos que permiten realizar la conexión física del generador distribuido y los sistemas de almacenamiento con la red eléctrica y con las cargas locales. Proporcionan acondicionamiento y conversión energética, protecciones eléctricas, monitorizaciones, control y medida.

Los sistemas de interconexión sirven para que el equipo de generación distribuida funcione como la principal fuente de energía y en caso de necesidad comprar y obtener energía de la red, exportar energía a la red eléctrica y mejorar la fiabilidad del sistema eléctrico.

A continuación se describen diferentes elementos y funciones necesarias del sistema de interconexión:

- Inversor: es un dispositivo electrónico utilizado para convertir la corriente continua en corriente alterna. Se utiliza en microgeneración en instalaciones de pilas de combustible, de energía fotovoltaica o en microturbinas.
- Transformador: se utiliza en corriente alterna para transformar la energía de un nivel de tensión a otro diferente y también proporcionan aislamiento eléctrico.
- Unidad de control del sistema de microgeneración: controla la unidad de generación distribuida y proporciona una interfaz de comunicaciones, la gestión de la energía, monitorización de la unidad y medida de la energía.
- Panel de distribución de la energía: contiene interruptores, fusibles y dispositivos automáticos de control de sobrecargas. Además, conecta la red y la unidad de microgeneración con la canalización eléctrica de la instalación, proporcionando además protección y seguridad.
- Sistema eléctrico local: son todas las canalizaciones eléctricas de la instalación, paneles y componentes del sistema de microgeneración.
- Protecciones del sistema eléctrico local: son dispositivos eléctricos diseñados para interpretar las condiciones de entrada y controlar también la operación de los equipos para proteger el sistema eléctrico.
- Interruptor/conmutador de transferencia: transfieren cargas entre generadores.
- Aparato de conexión en paralelo: para conectar en paralelo y sincronizar la operación con la red eléctrica de distribución.
- Punto de conexión común: punto de conexión de la unidad de microgeneración con la red eléctrica.
- Contador: dispositivo que mide y registra la energía generada, la energía suministrada a la red y la suministrada por la red.
- Protecciones de la red de distribución: para controlar la operación de los equipos para proteger el circuito eléctrico.
- Red de distribución: red de la compañía eléctrica distribuidora local

- Dispositivos de control: son los dispositivos que interactúan y gestionan el sistema de microgeneración.
- Dispositivos de monitorización: monitorizan y miden varias funciones del sistema de microgeneración.

Todos estos elementos y dispositivos son importantes para llevar a cabo la conexión a la red eléctrica de las instalaciones de microgeneración. Son necesarios porque es necesaria una adaptación de las instalaciones a la red eléctrica de distribución, ya que, entre otros aspectos, se puede trabajar en distintos rangos de tensiones, porque son necesarias medidas de seguridad y de protección de los dispositivos y porque es necesario un orden y un control del sistema de producción eléctrica y las redes públicas de transporte y distribución eléctrica.

8.2 Sistemas de control

Tradicionalmente, el sistema eléctrico está basado en la generación centralizada de grandes instalaciones separadas de los puntos de consumo, que entre otros problemas, ocasionaban pérdidas en la red eléctrica. Además, utilizan energías convencionales que tienen otros inconvenientes que se han ido comentando a lo largo del proyecto.

La generación descentralizada o distribuida exige un cambio en la organización del sistema, una generación cercana a los puntos de consumo e incluso una generación en los puntos de consumo. Se plantea un problema de planificación, acondicionamiento de la red, de distribución y estabilización del sistema de suministro.

Uno de los problemas que se encuentran los productores es la planificación, que consta con una parte vinculante y otra indicativa. Se requieren mecanismos de flexibilidad para adaptar las infraestructuras de transporte a las necesidades de generación y demanda de cada momento, algo que facilitan las redes inteligentes.

Desde el APPA se considera que es necesaria la creación de un **centro de control** al que deban estar asociadas todas las instalaciones, por lo menos las de potencia Superior a 10 MW gestionado por REE (Red Eléctrica Española).

Por este motivo surgen diferentes soluciones de gestión entre las que están las **redes inteligentes o smart grids**.

Según la agrupación no lucrativa de expertos en economía y sostenibilidad medioambiental *Regulatory Assistance Project (RAP)* una red inteligente es un sistema interconectado de tecnologías de información y comunicación con tecnologías de generación, transmisión y distribución de electricidad que cumple diferentes funciones.

En la Unión Europea se van a introducir cambios en la naturaleza del suministro eléctrico, irá aumentando con el tiempo el número de actores del mercado energético, también cambiarán los recursos tradicionales y todos estos cambios implican también cambios en las redes eléctricas. Las redes eléctricas cuentan con grandes centrales generadoras que suministran electricidad a través de las redes de distribución con flujos unidireccionales. Las redes de distribución se convertirán en redes activas y se tendrán que acomodar a flujos bidireccionales.

En la UE se busca la sostenibilidad en la generación eléctrica, con emisiones mínimas y maximizar la eficiencia, para lo que las redes inteligentes ayudarán. También será importante la interconexión de las diferentes regiones que además cuenten con distintos recursos de generación renovables. La interconexión de las diferentes redes inteligentes a nivel internacional aportará muchas ventajas, mejorando aspectos como la seguridad de suministro, por ejemplo, ante picos de demanda se podría importar electricidad de otras zonas y también mejoraría la eficiencia energética utilizando mejor la potencia instalada.

Al tener diferentes centros de generación, se busca un sistema autocontrolado digital, que relacione los diferentes centros, que informe de cualquier fallo de suministro, que sea capaz de desconectar instalaciones y que pueda llevar a cabo diferentes medidas para aprovechar los recursos energéticos y maximizar la eficiencia de las instalaciones. En vez de contar con una única red centralizada y en la que la información solamente fluye en un sentido, se pasará a un modelo de red computarizada, que un sistema dinámico en el que cada nodo tiene diferentes funciones.

Se trata de una red eléctrica interactiva, tanto para los centros de producción eléctrica como para los consumidores para lo que son necesarias las tecnologías de información. Las redes inteligentes están basadas y fundamentadas en las tecnologías de información para poder distribuir la electricidad de una manera más eficiente en costes, manteniendo a la vez una distribución fiable y segura. Las tecnologías de información son una parte fundamental de las redes inteligentes, porque se basan en la recogida y el análisis de muchos datos de diversas fuentes y puntos. Por lo tanto, las redes inteligentes necesitan hardware, software y redes de datos capaces de soportar toda esta información de las redes eléctricas.

También están presentes los sistemas de información y de medición inteligentes en los consumidores, para monitorizar los recursos y para que los usuarios puedan disponer de datos en tiempo real sobre su consumo energético, sobre los diferentes usos eléctricos de sus aparatos e incluso poder utilizar más electricidad en momentos en los que sus instalaciones generadoras maximicen su producción eléctrica.

Las redes inteligentes incluyen una infraestructura de medición avanzada, incluyendo sistemas de medición, sistemas de distribución automatizada, sistemas avanzados de control para edificios y sistemas de comunicación en todo el sistema.

Las redes inteligentes implicarían cambios también en las subestaciones, pasando de ser manuales a ser automáticas. Los nuevos sistemas de control de las subestaciones tendrían sistemas de control, de mediciones, protecciones y registros. Por lo tanto se requieren también cambios en las instalaciones y en la forma de trabajar. Estos sistemas manejan además muchos datos y gracias a estos sistemas son necesarios menos mantenimientos y calibraciones, los datos que se obtiene y con los que se trabajan tienen menos errores, siendo incluso las subestaciones más sencillas.

Las redes planificadas unirán múltiples nodos a lo largo de toda Europa, abarcando diferentes niveles de transporte y distribución. Un ejemplo para explicar como funcionará el sistema eléctrico es Internet, en cuanto a que las diferentes acciones están distribuidas y los flujos son bidireccionales, y como se ha explicado, estos sistemas requerirán un hardware avanzado y protocolos adecuados de conexión entre las diferentes redes. De manera que se requiere un esfuerzo muy importante para hacer efectivas estas comunicaciones y tener unos equipos adecuados para el correcto funcionamiento de todas las redes y de las interconexiones.

Algunos de los aspectos positivos es que las redes inteligentes permiten a los consumidores gestionar su uso y escoger las diferentes ofertas de suministro, con mayor confiabilidad y estabilidad, así como también se mejora la integración de las nuevas tecnologías. Los propios usuarios pueden ser también generadores y distribuidores de energías renovables pudiendo también adaptar sus consumos a las necesidades requeridas, pudiendo entregar y recibir la energía de la red eléctrica. Genera una red flexible que enlaza una base de oferta y almacenamiento limpia y diversa con muchos usuarios que usan la electricidad de manera más eficiente y de diferentes formas.

La generación eléctrica mediante las energías renovables presenta problemas provocados por la fluctuación de la producción, problemas ante la previsión de la demanda, así como desconexiones y huecos de tensión. Todos estos problemas pueden tener solución gracias a la planificación diaria que garantice la disponibilidad de electricidad ante la demanda y también la posibilidad del balance del sistema asignando recursos para ajustar la generación y la demanda previstas.

Se puede prever que esta red podrá trazar y equilibrar el consumo, modelando aparatos de aire acondicionado o diferentes sistemas en picos de consumo energético eléctrico, evitando de esta forma fallos en la red eléctrica o desconexiones de la red, aumentando de esta forma su efectividad y garantizando el suministro eléctrico. Este sistema se considera fundamental en el futuro, en el que la generación eléctrica será descentralizada y en el que es necesario que el consumidor sea también productor, pudiendo acudir a la red cuando necesite descargar u ofrecer también los excedentes de la instalación a la red eléctrica.

Las redes inteligentes ayudarán para reducir también las pérdidas de la red, facilitarán también la penetración de las energías renovables y de las diferentes tecnologías de microgeneración, así como incrementar la participación en el mercado energético de los consumidores para poder hacer un uso más eficiente de su energía y también para poder actuar como productor si tienen instalaciones de microgeneración. Las redes inteligentes contribuirán positivamente en la lucha por una energía sostenible, se fortalecerán los vínculos en Europa y entre los diferentes países, así como también se establecerá un flujo bidireccional entre consumidores y proveedores.

Se verán acogidas a este sistema las instalaciones en Régimen Especial, aunque debe ser decisión suya la posibilidad de acudir al mercado o no acudir, ofreciendo también otras alternativas de venta al productor. Las redes inteligentes ayudarán a la reducción de las emisiones de la Unión Europea y facilitarán que se cumpla con el objetivo del 20% marcado por la UE.

También es importante la aportación en el futuro de la llamada **central eléctrica virtual (virtual power plant)** consistente en un grupo de instalaciones generadoras distribuidas formado por diferentes sistemas de microgeneración y que son llevadas colectivamente por una sola entidad de control, además de integrar dispositivos de almacenamiento distribuidos en el sistema eléctrico mediante tecnología de la información.

Tienen como objetivo integrar las fuentes de energía distribuida en la red eléctrica. El objetivo es poder utilizar los diferentes recursos de forma semejante a la utilización de una planta convencional de generación eléctrica, la diferencia es que las centrales eléctricas virtuales tratan de optimizar los diferentes sistemas de generación.

La microgeneración se ven también beneficiada con las centrales eléctricas virtuales, ayudando a integrar de forma efectiva las energías renovables en la red eléctrica. Las centrales virtuales son elementos muy útiles para optimizar la generación descentralizada, y por lo tanto, la microgeneración. Se utilizan en otros países como los Países Bajos y es una forma inteligente de coordinar las diferentes unidades de generación eléctrica.

Permiten el control remoto de múltiples unidades de generación eléctrica y funcionan como redes locales de ordenadores. Tienen conectadas unidades generadoras en uso y unidades generadores de emergencia, así como diferentes edificios, permitiendo el acceso de los diferentes edificios a la energía eléctrica generada por las diferentes instalaciones de microgeneración según sus necesidades.

Las centrales eléctricas virtuales permiten activar centros de microgeneración eléctrica de forma remota, la energía es distribuida y organizada con facilidad y rapidez, se pueden seguir diferentes criterios económicos para la distribución, tienen menos riesgos la distribución eléctrica, se pueden integrar diferentes tipos y tecnologías de generación y microgeneración eléctrica, también permiten el uso de redes inteligentes y llevar a cabo una distribución eléctrica adecuada.

Son muy útiles, porque una central eléctrica virtual permite disponer de información en tiempo real de las diferentes unidades de generación. Información sobre medidas de tensión, de corriente, potencia, etc. Además, en el caso de la aparición de problemas, como sobrecargas o cortes de suministro, las centrales virtuales permiten solventar el problema utilizando, por ejemplo, otra unidad de suministro. Pero no todo son ventajas, las centrales virtuales implican que las redes de transporte y distribución se tengan que agregar y que muchas instalaciones tengan que adaptar sus elementos, así como también implican cambios de las prácticas de uso. Sobre todo, los cambios afectan a los distribuidores al pasar a gestionar redes de distribución activas.

En Alemania hay un ejemplo de central eléctrica virtual muy interesante. La central interconecta y controla 11 parques eólicos, 20 centrales solares, 4 centrales de cogeneración de biomasa y 1 sistema de almacenamiento por bombeo. Las unidades de biomasa y el sistema de almacenamiento se utilizan para compensar y equilibrar las fluctuaciones de las instalaciones de tecnologías renovables.

La central virtual alemana realiza un control de planificación diaria de las centrales renovables y un ajuste en el momento de la distribución. De cara a la planificación a largo plazo se hace una previsión de la posible demanda, que se comunica a la unidad de control central, que tiene acceso a la previsión de producción de energía eólica y de energía solar para las diferentes centrales que ofrece el servicio meteorológico. Los excedentes de oferta y los desabastecimientos se compensan mediante la planta de biomasa y el sistema de almacenamiento.

Existe para el fomento de las centrales virtuales del proyecto europeo Fénix, se prueba el principio básico de las centrales virtuales mediante dos demostradores, en Álava se puso en marcha uno en el 2009. Han participado diferentes empresas y centros de investigación y disponen de diferentes plantas de producción, en Álava la topología de la red de distribución es radial y combinan varias fuentes de generación distribuida. Entre las conclusiones destaca que se considera aplicable a nivel estatal.

8.3 Registro de las instalaciones

Las instalaciones de microgeneración que deseen acogerse al régimen especial deben registrarse siguiendo los procedimientos oficiales. Estos procedimientos son los mismos que tienen que realizar todas las instalaciones que quieran acogerse al régimen especial de potencia hasta los 50 MW. Las instalaciones de microgeneración pueden acogerse al régimen al contar con una potencia máxima de 1 MW.

La presentación de la solicitud para que pueda acogerse la instalación al régimen especial debe estar acompañada de la documentación con los requisitos que se han comentado y con una memoria que debe contener:

- Nombre o razón social y domicilio del petitionerio.
- Capital social y accionistas con participación superior al 5%. Relación de empresas filiales en las que el titular tenga participación mayoritaria.
- Las condiciones de eficiencia energética, técnicas y de seguridad de la instalación para la que se solicita la inclusión en el régimen especial.
- Instalaciones acogidas al régimen especial en las que figure como titular.
- Copia del balance y cuenta de resultados del último ejercicio fiscal.

El procedimiento de inscripción en el registro administrativo constará de una fase de inscripción previa y de una fase de inscripción definitiva. La solicitud de inscripción se dirigirá al órgano correspondiente de la comunidad autónoma competente o, en su caso, a la Dirección General de Política Energética y Minas en instalaciones geotérmicas, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, acompañada de:

- Documento de opción de venta de la energía producida
- Certificado emitido por el encargado de la lectura, con el cumplimiento del Reglamento de puntos de medida de consumos y tránsitos de energía eléctrica.
- Informe del operador del sistema, o del gestor de la red de distribución.
- Acreditación del cumplimiento de los requisitos exigidos para los sujetos del mercado de producción.
- En el caso de instalaciones híbridas y del subgrupo a.1.3, memoria justificativa que acredite el origen de los combustibles y sus características, así como, en su caso, los porcentajes de participación de cada combustible.

Se deberá resolver sobre la solicitud de inscripción definitiva en un plazo máximo de un mes. La Dirección General de Política Energética y Minas comunicará la inscripción definitiva en este registro, al operador del mercado, al operador del sistema, a la Comisión Nacional de Energía y a la comunidad autónoma que resulte competente.

Además es necesario también que siga los pasos para el **registro de pre-asignación de la retribución para régimen especial**, que se ha comentado anteriormente, de acuerdo con el artículo 4 del Real Decreto-Ley 6/2009, para las nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica que deseen acogerse al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

Es necesario acreditar el cumplimiento de los requisitos que se recogen en el apartado 3 del artículo 4 del Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril [2]:

- Concesión de punto de acceso y conexión firme.
- Autorización administrativa de instalaciones de potencia superior a 100 KW.
- Licencia de obras.
- Aval necesario para solicitar el acceso a la red de transporte y distribución.
- Recursos económicos propios o financiación suficiente para acometer el 50% de la inversión de la instalación.
- Acuerdo de compra del equivalente al 50% del valor de los equipos.
- Punto de suministro de gas natural (si se utiliza como combustible principal).
- Informe favorable de aprovechamiento de aguas (cuando sea necesario).
- Aval suplementario depositado en la Caja General de Depósitos.

El promotor debe dirigir una solicitud de inclusión presentando todos los documentos justificando los requisitos anteriores y las instalaciones serán inscritas en el Registro administrativo de pre-asignación de retribución, cronológicamente, empezando por las fechas más antiguas y teniendo en cuenta la última fecha de los documentos justificativos de los requisitos anteriores. [15]

Como se ha explicado en este apartado, las instalaciones de microgeneración que quieran acogerse al régimen especial, deben registrarse para así poder llevar un control de todas las instalaciones. Las instalaciones mayores de 10 MW están obligadas, como se ha dicho, a presentar un plan de producción, las pequeñas instalaciones suelen agruparse y son controladas por el distribuidor.

Como se ha comentado con anterioridad, la energía solar fotovoltaica se diferencia de las demás tecnologías a la hora de llevar a cabo el registro de la instalación, las demás, deben realizar una serie de pasos establecidos en el Real Decreto-Ley 6/2009.

8.4 Medidas de ayuda para la microgeneración

Actualmente, está en proceso de elaboración la **Ley de energías renovables** que, según diferentes fuentes como Greenpeace, está supeditada al desarrollo de la Ley de Economía Sostenible, y ello puede provocar que se posponga un largo periodo de tiempo. La Ley puede llegar a ser un instrumento legislativo de consenso que favorezca y facilite el desarrollo de las energías renovables definitivamente en España.

Desde el APPA y Greenpeace se ha hecho una propuesta al Gobierno, con la que pretenden ayudar al Gobierno en la elaboración de la Ley y que pretenden establecer unos objetivos de energías renovables sobre el consumo final bruto de energía en 2020 en un 30 %. [26]

Las mejoras más importantes que recoge el texto son la inclusión en el Régimen Especial de todas las renovables sin límite de potencia a excepción de la gran hidráulica, proponen también la revisión de las primas, que la retribución a las renovables debería seguir procediendo de las tarifas y que además podría ser revisada anualmente, sin retroactividad. También, se comenta que se debería establecer un sistema de primas para

el calor, frío y gas producidos con renovables, y finalmente, añaden que se debería tratar de incentivar el autoconsumo de energías renovables.

Para lograr una aplicación grande del régimen especial en muchas instalaciones se pueden utilizar diferentes mecanismos. En España, por ejemplo, se está aplicando el sistema de precios, asegurando al productor un ingreso en función del mercado, además de una prima dependiente del tamaño y la rentabilidad de la instalación. Es una medida para igualar las diferentes tecnologías y facilitar su rentabilidad.

Es necesario que el estado facilite la introducción de nuevas instalaciones que puedan acogerse al régimen especial, para lo que es necesaria la implicación de diferentes organismos para el objetivo conjunto de facilitar la generación distribuida.

Dinamarca es un ejemplo en la implantación de las energías renovables y la utilización de un sistema energético descentralizado, el buen funcionamiento se debe a políticas claras y estables, la decisión de reducir la dependencia del petróleo, que en España debería ser un objetivo primordial ya que las importaciones energéticas en España son muy elevadas. También es importante la promoción que se ha hecho en Dinamarca de instalaciones de producción conjunta de calor y de electricidad, la preocupación medioambiental que ha sido transmitida a la sociedad y su coherencia respecto a este asunto ya que no es una declaración vacía de intenciones sino que han demostrado que es una preocupación real y queda demostrado por las medidas que han tomado en la necesidad de un cambio energético.

También han sido fundamentales los incentivos y las primas, el mecanismo es parecido al español pero más contundente y acompañado de una política de concienciación y transmisión completa de las necesidades energéticas. También han llevado a cabo una adecuada regulación y una planificación energética a nivel local y estatal, todas estas medidas requieren una inversión y unos costes elevados, pero sin duda este esfuerzo termina resultando beneficioso.

Hay diferentes mecanismos que se han empleado en distintos países que han funcionado, además de los comentados, como las tarifas garantizadas para excedentes, la medición bidireccional de la diferencia entre compras y ventas a la red eléctrica, promoción de programas en la edificación mediante exigencias de aplicación energética y diferentes medidas económicas y regulatorias de proyectos de generación distribuida. En EEUU promoviendo el desarrollo de microrredes con tecnologías renovables.

Inglaterra es un ejemplo también a la hora de facilitar la regulación de un mercado descentralizado. OFGEN (Office of the Gas and Electricity Markets) se encarga de la regulación del mercado de electricidad y gas, facilitó incentivos económicos para la introducción de las energías renovables y diferentes productos como más redes de transmisión de la nueva capacidad renovable. También se están encargando de la implantación de un nuevo marco regulatorio y se puede decir también que la información que facilitan acerca de la microgeneración es mucho más transparente que la que encontramos en otros países.

En Inglaterra las instalaciones de más de 100 MW pagan cargos de transmisión, en cambio las de menos de 100 MW reciben un pago de transmisión, las instalaciones de generación distribuida reciben el inverso de la tarifa de demanda de la red eléctrica

8.5 Sistemas de incentivos, primas y retribuciones

En este apartado se tratarán de explicar los diferentes sistemas de ayuda que existen para incentivar el uso de la microgeneración dentro del sistema energético español, incluyendo los incentivos para hacer efectiva la instalación y las primas y retribuciones a la producción. Las ayudas a la instalación y a la producción son igualmente necesarias e importantes.

Los incentivos se pueden dar por mecanismos de precio o de cantidad, en España se ha adoptado el de precio, teniendo un valor más alto para el usuario final. Para hacer sostenible el sistema de primas es necesario que sean eficientes, para de esta forma, fomentar nuevas inversiones de productores potenciales de electricidad a partir de la microgeneración. Además, es necesario compatibilizar el sistema de primas con la participación en el mercado de producción, de forma individual y agregada.

Hay diferentes mecanismos de ayudas y diferentes posibilidades de financiación para la promoción de instalaciones que puedan acogerse al régimen especial, especial interés tienen las instalaciones de microgeneración. Entre las diferentes líneas de financiación están incluidas: la financiación por terceros, la financiación IDAE, la financiación ICO, los incentivos regionales, etc.

La **financiación por terceros** está muy extendida para proyectos de microgeneración, especialmente en casos en los que el promotor no tenga conocimientos en la tecnología energética que va a desarrollar.

En estos casos, en los que el productor no tiene conocimientos sobre la tecnología que va a desarrollar y que implica adquirir los conocimientos de un experto externo. Se conoce como Compañía de Servicios Energéticos (ESCO), que dirigirá el proyecto, conseguirá la financiación y será propietaria de la instalación.

Entre las ventajas de este tipo de financiación están que el promotor no realiza ninguna inversión económica, pagando solo por servicios como el suministro de energía eléctrica, calefacción, etc., y que el promotor no necesita tener conocimientos especializados en proyectos energéticos.

El **IDAE** es una entidad pública empresarial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, trata de impulsar proyectos de microgeneración económicamente. Las ayudas del IDAE se ofrecen fundamentalmente en proyectos de cogeneración. Uno de sus objetivos es impulsar el desarrollo de tecnologías en su desarrollo previo al desarrollo comercial y también, especialmente, en proyectos de innovación. El IDAE ha habilitado una Línea de préstamo con un interés muy bajo.

Las **líneas de ayuda ICO** y el **Plan Nacional de I+D+i** son líneas de financiación para proyectos con capacidad de innovación y desarrollo tecnológico en el área de fabricación de bienes de equipo. Están interesados sobretodo en proyectos que mejoren la posición tecnológica de España en la Unión Europea. Y el Instituto de Crédito Oficial es una entidad público empresarial ligada al Ministerio de Economía y Hacienda que apoya proyectos de inversión de las empresas españolas y tratan de favorecer proyectos de innovación, las energías renovables y potenciar la presencia de empresas españolas en el exterior, potenciando la economía española.

Las **ayudas regionales** son las que conceden las Comunidades Autónomas para impulsar el desarrollo comercial y energético de las empresas de cada CCAA. También fomentan las instalaciones de microgeneración, así como diferentes ayudas energéticas

que se coordinan a través de las Agencias de Energía de las Comunidades Autónomas, tratan de fomentar el ahorro y la eficiencia energética y ayudar a la promoción de las energías renovables.

El marco regulatorio del régimen especial en España ha evolucionado mucho en aspectos retributivos. Para la **venta de la energía eléctrica** exportada a la red se puede elegir una de las dos opciones siguientes:

- Tarifa regulada: la componente principal del precio es fija y denominada tarifa base (Ptr), a la que se aplican una serie de complementos. Consiste en una cantidad fija, única para todos los periodos de programación, y que se determina en función de la categoría, grupo y subgrupo al que pertenece la instalación, así como de su potencia instalada y de la antigüedad desde la fecha de puesta en servicio

- Mercado de energía eléctrica: el precio va siguiendo el precio de la electricidad hora a hora en el mercado, incrementado en una determinada prima y una serie de complementos. La retribución principal es, en este caso, la suma del precio de mercado horario diario (PMD) más una prima (P). La prima consiste en una cantidad adicional al precio que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación.

Se va a proceder a explicar de la forma más simplificada posible los dos tipos de opciones de retribución. Las instalaciones deben realizar la venta a través del sistema de ofertas gestionado por el operador del mercado. Además, el productor de electricidad ha de mantenerse en la opción elegida hasta haber transcurrido 12 meses desde el cambio anterior, pudiendo cambiar a otra opción. Pero tendrá que permanecer durante 12 meses en la nueva opción elegida, antes de poder volver a la situación original.

Los complementos que se añaden a la retribución principal son:

Complemento por energía reactiva (CR): las dos opciones perciben un complemento por energía reactiva. Toda instalación acogida al régimen especial, recibirá un complemento por energía reactiva por el mantenimiento de unos determinados valores de factor de potencia. Este complemento es un porcentaje, del valor de 7,8441 c€/kWh, que será revisado anualmente.

En cuanto a los coeficientes de bonificación o penalización, según el factor de potencia y el periodo horario:

Garantía de potencia (GP): las plantas que acudan al mercado recibirán un complemento por garantía de potencia al utilizar una energía primaria gestionable. La retribución aproximada es de 2 €/MW de potencia instalada y por cada hora. Se retribuye a toda la potencia neta instalada en todas las horas del año. Sólo es de aplicación a las instalaciones que vendan su electricidad en el mercado.

Complemento por eficiencia (CEF): todas las plantas que sobrepasen los REE mínimos exigidos recibirán un complemento por eficiencia. Sólo aplicable a cogeneración. El complemento por eficiencia se aplica a la electricidad cedida al sistema para las plantas de potencia nominal inferior o igual a 100 MW. El complemento se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{Complemento eficiencia} = 1,1 \times (1/\text{REE}_{\text{min}} - 1/\text{REE}_i) \times \text{Cmp},$$

REEmín es el rendimiento eléctrico equivalente mínimo por tecnología.

REEi: es el rendimiento eléctrico equivalente acreditado por la planta.

Cmp: es el coste de la materia prima, publicado trimestralmente.

Al respecto del complemento de eficiencia, la Orden ITC/3519/2009, mediante la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, llevan a cabo la sustitución de la variable del coste unitario de la materia prima del gas natural, quedando la fórmula:

$$\text{Complemento por eficiencia} = 1,1 \times (1/\text{REEmínimo} - 1/\text{REEi}) \times \text{Cn}$$

Siendo Cn el coste de la materia prima calculada de acuerdo con la formulación recogida en el artículo 8 de la Orden ITC/1660/2009. Los valores del Cn serán publicados, durante el primer mes del trimestre en el que vaya a ser de aplicación.

Sobre el REE en el anexo 1 de RD 661/2007 se incluye una excepción para las instalaciones de potencia menor de 1 MW, que es otra de las razones por las que se determina este rango de potencias para la microgeneración.

Complemento por discriminación horaria (DH): complemento opcional para las plantas en la opción a tarifa. Pueden acogerse a este régimen las instalaciones que hayan elegido ceder su producción eléctrica al distribuidor a tarifa fija. Se definen horarios punta de 11 a 21 h en verano y de 12 a 22 h en invierno. Horas valle: el resto.

La cantidad a percibir por la electricidad en hora punta es la que le corresponda según la tarifa, multiplicada por 1,0462. Para la electricidad vertida en horas valle, la tarifa se multiplicará por 0,967. Hay que permanecer en esta opción mínimo un año.

Desvíos (DES): a todas las instalaciones se les repercutirá un coste de desvío por la variación entre la previsión y la exportación real. Los desvíos son las diferencias entre la energía que se programa vender y la que realmente se entrega a la red. Como novedad, las instalaciones que hayan elegido la opción de tarifa regulada realizarán la venta de su energía a través del sistema de ofertas, gestionado por el operador de mercado, a los efectos de la cuantificación de los desvíos de energía, realizando ofertas de venta de energía a precio cero en el mercado diario y, en su caso, en el intradiario.

A estas instalaciones se les repercutirá el coste de desvío fijado en el mercado organizado por cada período de programación. El coste del desvío, en cada hora, se repercute sobre la diferencia, en valor absoluto, entre la producción real y la previsión.

De forma resumida, los precios de venta de electricidad, se forman como sigue:

- OPCIÓN 1. Tarifa regulada única: $\text{PFT} = \text{Ptr} + \text{CR} + \text{DH} + \text{Cef} - \text{Des}$.
- OPCIÓN 2. Mercado: $\text{PFM} = \text{PMD} + \text{P} + \text{GP} + \text{CR} + \text{Cef} - \text{Des}$.

Los precios regulados, las primas de referencia y los límites superior e inferior se fijan para cada grupo en los que dividen los diferentes tipos de tecnologías. Es decir, hay una primera distinción entre la cogeneración y la sola producción eléctrica, y después, se distingue atendiendo al combustible y a la potencia instalada.

Las tarifas y primas para las instalaciones acogidas al régimen especial se encuentran recogidas en tablas en el Real Decreto 661/2007, en las tablas se diferencian las tarifas y las primas a percibir separadas en función de las categorías, de los grupos y de los subgrupos en los que se dividen las instalaciones de microgeneración.

9. Valoración de la microgeneración

En este apartado se van a analizar las ventajas, los inconvenientes y las posibles mejoras que se pueden llevar a cabo en diferentes aspectos para facilitar e incentivar el uso de la microgeneración en España así como diferentes posibilidades de mejoras en las tecnologías de microgeneración.

La utilización de instalaciones de microgeneración implica cambios a nivel regulatorio, cambios del sistema eléctrico, modificaciones en los sistemas de generación eléctrica y en los sistemas de distribución y de transporte. También se van a producir la reorganización del mercado energético, esperándose también cambios en las tecnologías energéticas, el desarrollo de los sistemas de almacenamiento, etc.

Todos estos cambios, provocados por la microgeneración, implican diferentes ventajas que recomiendan su aplicación, también distintos inconvenientes y barreras de entrada que dificultan la utilización de los sistemas de microgeneración en el mercado eléctrico español. También surgen nuevas necesidades en el sector energético y eléctrico español, los aspectos que se han considerado más importantes se desarrollan en este apartado, así como diferentes propuestas que pueden ayudar a la implantación y al desarrollo de los sistemas de microgeneración en España.

9.1 Ventajas

9.1.1 Liberalización del mercado y seguridad de suministro

La seguridad de suministro es un valor fundamental para la política energética, que afecta de forma esencial a las economías y las políticas de los países. Los precios del petróleo y del gas natural no van a ser fáciles de pronosticar por la situación política actual de los países productores de estas materias primas y las cada vez más difíciles relaciones políticas con estos países productores.

En todos los países se busca un mercado energético de suministro fiable y continuo, con unos precios mínimos garantizados para toda la población y con el menor impacto medioambiental posible. Garantizar la seguridad de suministro es una de las prioridades de todos los países y la microgeneración es una de las soluciones que se está empleando tanto a nivel mundial como en España.

Por este motivo, se está sustituyendo la generación mediante los combustibles fósiles como el carbón, el gas y el petróleo, recursos que son cada vez más escasos y costosos de obtener y que por este motivo originan fluctuaciones de los precios. Así que la microgeneración supone una ventaja para la generación eléctrica, en relación a la seguridad de suministro y a una menor fluctuación de los precios.

En la Unión Europea se está buscando la liberalización de los mercados energéticos. Antes la oferta de suministro eléctrico no era libre y la oferta eléctrica estaba regulada, teniendo que suscribirse con la compañía generadora de la zona geográfica donde era requerida la electricidad. Sin embargo, ahora se puede contratar el suministro eléctrico con la compañía eléctrica que el consumidor quiera, aceptando la oferta que le resulte más interesante. La microgeneración facilita la liberalización de los mercados energéticos al aumentar el número de productores considerablemente.

España es uno de los países que ha hecho efectiva la liberalización del mercado energético. Se llevo a cabo en el 2009. Esta liberalización es necesaria por tres motivos, el primero es el incremento de la demanda energética en la última década, aunque los dos últimos años ha disminuido por la crisis económica. En segundo lugar, que ante este aumento de la demanda es necesario un incremento de la generación eléctrica y en tercer lugar por la dificultad que tiene la instalación de grandes instalaciones eléctricas.

Además, al tener que aumentar la capacidad actual del sistema eléctrico, la microgeneración es una solución adecuada ante los tres motivos que se han descrito. Liberar el mercado energético, aumentando los competidores del mercado eléctrico, aporta beneficios económicos a los usuarios porque aumenta la competencia de precios entre los suministradores, porque los consumidores tienen diferentes posibilidades de elección y también por la mejora de la eficiencia energética.

La microgeneración soluciona los problemas de ubicación de las grandes centrales en la geografía española. La continuidad en el suministro o fiabilidad de la red de distribución se ve favorecida por las instalaciones de microgeneración.

9.1.2 Reducción de las pérdidas de red

Las compañías eléctricas que tienen que afrontar los costes de transporte, distribución y las pérdidas de potencia que se producen en el sistema eléctrico, dedican el 30% de su inversión a cubrir estos costes. Además, las pérdidas al transporte de energía se estiman en aproximadamente el 10% con respecto a la potencia total generada, que es un porcentaje que consideramos elevado.

Hay dos tipos de pérdidas, las pérdidas fijas o en vacío y las pérdidas variables o en carga. Las pérdidas fijas no dependen del flujo de energía, se deben en parte a los ciclos de histéresis producidos por las corrientes de excitación de los transformadores y las máquinas eléctricas, también están causadas estas pérdidas por el efecto corona. Las pérdidas variables son las ocasionadas por el efecto Joule y están relacionadas con las corrientes que circulan por las redes. Con la generación distribuida se mejora la calidad de la energía eléctrica reduciéndose las pérdidas.

Las instalaciones de microgeneración tienen una característica fundamental que permite reducir las pérdidas en la red eléctrica porque están situadas cerca o en los puntos de consumo, por lo tanto, se reducen las pérdidas en la distribución y el transporte eléctrico. Las instalaciones de microgeneración también permiten el control de la energía reactiva porque cuentan normalmente con equipos diseñados para compensar la energía reactiva de los sistemas eléctricos. Todos estos aspectos positivos aumentan la confiabilidad en el suministro energético, permiten la regulación de la tensión y además resuelven muchos de los problemas de acceso a la red.

9.1.3 Ventajas medioambientales

La microgeneración, al estar basada, fundamentalmente, en las energías renovables, implica un beneficio importante para el medioambiente. Por estas ventajas medioambientales, se producen beneficios para la salud humana, lo que también supone un ahorro económico indirecto al reducirse, por ejemplo, el gasto sanitario. También, se reducen los gastos indirectos que la contaminación produce en la recuperación

medioambiental causada por las energías convencionales. Se incrementa la confiabilidad de los sistemas y se reducen las emisiones atmosféricas.

El desarrollo de la microgeneración en España permitirá la reducción de las emisiones atmosféricas, además de otras ventajas medioambientales, porque están basadas principalmente en energías renovables. Los sistemas de microcogeneración que se han explicado también producen muy poca contaminación, al ser pequeñas centrales de cogeneración con microturbinas de gas y pese a utilizar como combustible el gas natural, emiten muy pocas emisiones atmosféricas por kilovatio generado de electricidad. Además, las reducciones de las emisiones permitirán a España cumplir con los objetivos del protocolo de Kyoto, y así eliminar el impacto medioambiental de la generación de energía eléctrica.

Estas ventajas medioambientales influyen directamente aportando ventajas de salud, la contaminación medioambiental influye muy negativamente sobre la salud. En China, por ejemplo, están teniendo verdaderos problemas de salud debidos a la contaminación, múltiples problemas respiratorios y enfermedades derivadas de una contaminación elevada. Esta contaminación no se debe solamente a la contaminación derivada de la producción de electricidad, pero sí que influye ya que la generación eléctrica está basada fundamentalmente en los combustibles fósiles.

Todos los problemas de salud influyen sobre la economía del país, al aumentar el gasto sanitario. La contaminación ambiental conlleva perjuicios económicos que normalmente no se cuantifican ni son valorados convenientemente. Además de los gastos económicos sanitarios derivados de la contaminación, también hay que tener en cuenta los gastos derivados de los esfuerzos de recuperación de los espacios naturales afectados por la contaminación y los perjuicios medioambientales.

Por lo tanto, la microgeneración favorece la economía reduciendo los gastos que provocan por la necesidad de recuperación medioambiental y los gastos indirectos provocados por la contaminación medioambiental.

9.1.4 Reactivación energética e influencias económicas

El desarrollo de la microgeneración en España permite el incremento del peso de las energías renovables en España y el incremento de los recursos energéticos propios. La reactivación energética permite la reestructuración del sistema energético y facilita la liberalización del mercado energético español como se ha comentado anteriormente. Esta reactivación energética influye directamente en diferentes aspectos económicos que se describen a continuación.

La generación de electricidad mediante sistemas de microgeneración con energías renovables acogidas al régimen especial, supone que el precio marginal que se establece sea inferior al que se fijaría de no existir estas tecnologías. Su coste marginal de generación es inferior al de las unidades de combustible fósil, las energías renovables sustituyen a unidades de generación convencional de coste marginal elevado que fijarían precios marginales más altos en el mercado. Esto provoca un ahorro muy grande por la penetración de las energías renovables en el Mercado Diario y de esta forma compensan también las primas recibidas por parte de las energías renovables.

Con respecto a la aportación de las energías renovables al PIB español, es importante destacar como ejemplo a seguir a Dinamarca, que se convirtió, gracias a la aportación de las energías renovables, en un país exportador de energía cuando antes era

un país importador. En Dinamarca el PIB ha aumentado considerablemente gracias a la aportación de las energías renovables en un 56%.

El sector de las energías renovables produce un impacto favorable en la economía y la sociedad española. La consultora Deloitte ha elaborado para APPA un **Estudio Macroeconómico de las Energías Renovables en España**. En el estudio se obtienen resultados interesantes que demuestran la rentabilidad de las energías renovables, como que la contribución de las energías renovables al PIB representa el 0,67% del mismo. Se espera que con el paso de los años la evolución de su contribución al PIB continúe aumentando. [31]

Por otro lado, las primas a las energías renovables fueron de 2605 millones de euros, resultando la diferencia entre los ahorros y las primas de 619 millones de euros de saldo positivo. [31]

Por lo tanto, las primas que reciben las energías renovables compensan el coste que se evita de otras tecnologías y que sí se tuviesen en cuenta todos sus costes externos las energías renovables competirían con ventaja en el mercado de energía español. De manera que los costes que supondrían los sistemas de primas que se llevan a cabo finalmente resultarían beneficiosos. También, en el estudio se analizan más repercusiones económicas positivas de las energías renovables como el ahorro que suponen al sistema sanitario, y la mejora de la calidad de vida.

Comentan además, que se realizaron exportaciones por el valor de 3683 millones de euros, estas exportaciones incluyen equipos de generación, componentes de los equipos, servicios de consultoría e ingeniería. También se redujeron las emisiones de CO₂ considerablemente. [31]

Se evitaron importaciones de combustibles fósiles valoradas en 2725 millones de euros y sustituyeron el 13,4% de la electricidad total de tecnologías fósiles, produciendo un ahorro en el mercado de electricidad del valor de 4919 millones de euros y aumentando la auto dependencia del sistema energético español. Es importante, también, el análisis que han hecho de evaluación del riesgo derivado de la falta de combustibles fósiles al depender de otros países para disponer de ellos. Se analizan las consecuencias negativas ante la falta del suministro durante un periodo de tiempo de alguno de los combustibles, situaciones que pueden tener lugar por conflictos de carácter político. [31]

Destaca del informe macroeconómico también el impacto que ha tenido en relación a la generación de empleo, teniendo un impacto total en 2008 de 120.722 personas. Se espera que según vaya aumentando el peso de las energías renovables, seguirá en la misma línea la creación de puestos de trabajo en España. Las energías renovables generan más puestos de trabajo por megavatio instalado que las tecnologías energéticas tradicionales. Pueden de esta forma favorecer la reactivación económica de España, consiguiendo no solo la creación de empleo sino también la reducción de la dependencia energética del exterior y, por tanto, la generación de riqueza con recursos autóctonos. Se han elaborado diferentes escenarios futuros en el sector energético basados en el crecimiento y la implantación de las energías renovables, y en todos, se crean más puestos de trabajos directos en el sector energético en todo el mundo.

Por lo tanto, las primas a la microgeneración con energías renovables al final son rentables para la economía de España. En el Estudio Macroeconómico se demuestra, en diferentes aspectos, como la inversión en las energías renovables es positiva y los elevados costes de inversión que suponen no son tan negativos.

9.1.5 Dependencia energética del exterior

El sistema energético español depende de las importaciones de combustibles como el petróleo, el carbón y el gas natural. España no requiere importaciones de energía eléctrica del exterior, el saldo eléctrico entre las exportaciones y las importaciones es positivo, pero si que son necesarias importaciones de los combustibles para poder generar electricidad.

Es decir, la producción de electricidad depende indirectamente de las importaciones de combustibles fósiles, el carbón, el petróleo y el gas natural, que suponen un gasto muy elevado. El problema de esta dependencia tan elevada con el exterior es que si surgen problemas con los países suministradores o problemas políticos con ellos, España se encontraría con un problema de suministro. Por este motivo, los suministros españoles están muy diversificados de manera que no hay suministradores únicos para alguna de las materias primas y así evitar este problema.

La generación eléctrica a partir de las energías renovables y mediante instalaciones de microgeneración, permitirán reducir las importaciones y incrementarán el porcentaje de autoabastecimiento del sistema energético español.

El problema de esta dependencia energética es que afecta a la economía del país, comparando a España con Europa, la dependencia energética de España es superior a la media europea. Por lo tanto, se deben buscar fuentes de energías autóctonas y entre ellas, como solución a este problema, está la microgeneración.

Por lo tanto, la microgeneración es una fuente de energía autóctona que ayudará directamente a incrementar el autoabastecimiento energético en España, repercutiendo en la economía y en la estructura del mercado energético español.

9.1.6 Instalaciones de microgeneración híbridas

Las instalaciones híbridas se están convirtiendo en instalaciones atractivas en diferentes aspectos, en el energético al aumentar la eficiencia y en el económico, al ser competitivas en comparación con otros tipos de instalaciones de generación eléctrica.

Se utilizan generalmente para equilibrar los recursos energéticos variables y otros sistemas eléctricos. La hibridación de las tecnologías se contempla como una posibilidad factible, interesante y muy positiva. Gracias a la hibridación de las diferentes tecnologías energéticas de microgeneración se aumenta la rentabilidad de las instalaciones y la efectividad eléctrica de las mismas. La hibridación de las tecnologías energéticas también puede utilizarse para sistemas de cogeneración en las instalaciones para dar usos térmicos y eléctricos en edificios.

Además, la rentabilidad de las energías renovables irá aumentando a medida que mejore la tecnología de las instalaciones, a medida que siga aumentando el precio de los combustibles fósiles. Se espera que en los próximos años aumente el precio de los combustibles, concretamente el petróleo, debido a la situación actual de los países productores de petróleo.

También, mientras aumente el interés por las energías renovables, aumentará la investigación en las diferentes tecnologías, un aspecto positivo que puede ayudar para incrementar la investigación será cuando se determine un valor económico negativo a las emisiones de contaminantes y al perjuicio de la salud por culpa de las tecnologías

convencionales, además de cómo podrá afectar a la economía por la necesidad de recuperación medioambiental y a los diferentes gastos sanitarios.

Además, las instalaciones híbridas tienen otras ventajas tecnológicas, solucionan algunos de los problemas que tienen las tecnologías renovables. Sucede por ejemplo en las instalaciones de energía fotovoltaica que dependen de las horas de incidencia del Sol sobre las placas solares. Una instalación híbrida de energía solar con otra instalación de energía eólica permitiría que en las horas de ausencia de luz en las que la energía solar no generase electricidad podría suplirse con la generación mediante la energía eólica, así que la hibridación de las dos tecnologías permite aumentar la rentabilidad de la instalación, comparándola con una instalación única de energía solar o de energía eólica, optimizándose, de esta forma la generación eléctrica de la instalación y los recursos que han sido empleados.

Se considera que se deben facilitar mediante ayudas e incentivos económicos de diferente carácter la utilización de las instalaciones híbridas porque ofrecen muchas ventajas frente a otros tipos de instalaciones de producción eléctrica. Se pueden utilizar este tipo de instalaciones para la producción eléctrica y la producción térmica en instalaciones de microgeneración y se recomienda su utilización para cubrir las diferentes demandas energéticas.

9.1.7 Poblaciones sin acceso a la red eléctrica

La posibilidad de producir energía eléctrica para poblaciones que no tienen acceso a una red eléctrica es una de las posibilidades que ofrecen las instalaciones de microgeneración, que pueden ayudar a garantizar el acceso a la red eléctrica que es un bien básico y necesario. Es importante, por tanto la creación de grupos de pequeñas redes para instalaciones eléctricas aisladas, que utilizan la misma tecnología pero no se consideran dentro de las instalaciones de microgeneración.

Las instalaciones aisladas permiten el suministro eléctrico en lugares remotos a los que no llegan las redes eléctricas y se puede suministrar electricidad a muchas de las personas que en el mundo carecen de acceso a la electricidad, es una forma de ayudar al progreso y a un mínimo de obligada necesidad humana de acceso a algunas necesidades básicas que en nuestra sociedad no entenderíamos su ausencia.

Las instalaciones aisladas de pequeña potencia permitirían en poblaciones sin acceso a líneas de red eléctrica tener acceso a la electricidad. Además, estas instalaciones no son demasiado complejas y no requieren una inversión tan grande como podría requerir la instalación de redes eléctricas en toda la geografía del país, además del gasto que puede suponer la instalación de grandes centrales eléctricas.

En países en vías de desarrollo, las instalaciones aisladas basadas en energías renovables son muy prácticas ya que no sería necesaria la instalación de una red eléctrica de elevados costes y con las que la garantía y seguridad de suministro son difíciles de cumplir dada la situación del país.

9.2 Inconvenientes

Actualmente, se presentan diversos inconvenientes para la implantación de la microgeneración, se pueden dividir los inconvenientes de la microgeneración en cuatro grandes bloques, que son los costes elevados, las barreras regulatorias y administrativas, las dificultades técnicas y la falta de información.

Una de las causas de los problemas que se han encontrado en España, en el sector energético, es que el crecimiento en el consumo y en la demanda de energía eléctrica ha sido muy superior que el crecimiento económico español, lo que ha provocado una falta de infraestructuras y su consiguiente saturación. La microgeneración es una solución muy adecuada para este problema aunque hemos de citar sus problemas.

9.2.1 Problemas financieros

El primer problema que nos encontramos es el financiero-económico, los elevados costes que supone invertir en energías renovables. La amortización y el retorno de la inversión en tecnologías renovables no es rápido, el riesgo de la inversión no es fácil de asumir por parte de los inversores. De todas formas, desde diferentes organismos y asociaciones se apuesta por su rentabilidad y de la posibilidad real de ser competitivas económicamente frente a las tecnologías convencionales, algunas como la energía eólica, la hidráulica o la fotovoltaica si que han demostrado su competitividad en la actualidad.

Por lo tanto, inicialmente, en la planificación del proyecto, el problema de la microgeneración con energías renovables es la elevada inversión inicial que se debe hacer para hacer efectiva la instalación, esto supone una barrera de entrada para nuevos inversores. Surgen también problemas a partir del desconocimiento de algunas de estas tecnologías de microgeneración, que provocan la desconfianza del inversor.

Las primas son insuficientes para algunas tecnologías renovables emergentes. En la actualidad algunas tecnologías renovables como la geotérmica necesitan una diferenciación en el sistema de primas para ser competitivas frente a otras tecnologías renovables y las tecnologías de generación eléctrica convencionales.

El desarrollo de las energías renovables y el crecimiento del régimen especial es imposible sino se financian los proyectos de estas tecnologías y por este motivo son necesarias los apoyos regulatorios en este sentido. Seguramente, de todos los sistemas de apoyo, el mecanismo de primas es el más efectivo, bajo este sistema la energía eólica ha permitido que España sea uno de los líderes mundiales en esta tecnología.

De todas formas, como se ha comentado, a medida que vaya aumentando el número de este tipo de instalaciones, los costes irán disminuyendo y al ir creciendo este mercado se irán igualando en rentabilidad con las demás tecnologías, pero para ello hay que establecer un adecuado sistema de primas y una retribución adecuada que las iguale con las demás, como ha ocurrido en España con la energía eólica y la fotovoltaica.

Para disminuir los problemas y riesgos económico-financieros y ayudar en el desarrollo de la microgeneración en España, es necesario un mayor esfuerzo en la investigación, así como la utilización de herramientas adecuadas de financiación de proyectos y diferentes sistemas de subvenciones, primas e incentivos dirigidos a las energías renovables en general y a la microgeneración en particular.

9.2.2 Problemas administrativos

Las barreras administrativas son un problema al provocar la demora de proyectos al tener que presentar trámites a nivel local, regional y central, lo que ocasiona confusión en materia de competencias. Este problema es un inconveniente muy grande ya que se puede tardar por ejemplo más de un año en regular una instalación fotovoltaica de un edificio de viviendas para comenzar a recibir las primas y los pagos después de estar ya en funcionamiento.

Hay un claro problema administrativo, los promotores, para desarrollar sus proyectos en energías renovables deben realizar muchos trámites que deben presentar en las administraciones locales, regionales y central. Se puede afirmar que hay una confusión en materia de competencia.

Todo esto provoca que se demoren muchos proyectos por el retraso en las autorizaciones, pudiendo pasar años desde su presentación hasta su puesta en marcha, esta paralización es muy negativa y muy incomoda para los promotores y los financiadores. Es imprescindible la agilización de estos procesos administrativos, debe haber una mayor transparencia y sobretodo también una mejora de los canales de información y mayor facilidad de acceso a la información necesaria para estos proyectos.

Los aspectos regulatorios, que se han comentado anteriormente, son una barrera enorme para la implantación y el desarrollo de la microgeneración. Es un obstáculo que está en proceso de modificación y aunque muchos problemas ya se han resuelto, es cierto que todavía son necesarios más cambios a nivel regulatorio.

Para las nuevas tecnologías es necesario el diseño de una cobertura normativa, un apoyo para su producción y para desarrollar un mercado de consumo, llegando a dar prioridad a los proyectos relacionados con la I+D+i como se está dando en la normativa española se podrán alcanzar estos objetivos y que el crecimiento en estas tecnologías sea el adecuado. Es muy positivo y necesario establecer unos criterios estables que regulen el cobro por garantía de potencia a las renovables.

9.2.3 Problemas técnicos

Otro de los factores que suponen un impedimento son las dificultades técnicas, que incluyen todas las relacionadas con el nivel de desarrollo de las tecnologías de microgeneración y los problemas que supone la **interconexión de los sistemas de microgeneración con los sistemas de distribución**.

El trazado del acceso de conexión a la red es un problema que provocan las instalaciones de microgeneración, los productores de energías renovables en 2005 demandaban a la inexistencia de normativa nacional que garantice la preferencia de acceso a las energías renovables a través de unos criterios claros y generales de capacidad de red, que provoca conflictos entre instalaciones. [10]

Serían buenos para solucionar este problema criterios generales de planificación, comunes a todas las Comunidades Autónomas. También proponen desde el APPA hacer pública la capacidad de la red para así saber la rentabilidad de cada emplazamiento. Es necesario aunar criterios como las especificaciones relativas a la calidad de suministro, de fiabilidad, seguridad, medida, control y distribución. A continuación se exponen muchos de los problemas que genera la conexión de las unidades de microgeneración, como los flujos de potencia inversos, los desbalances de voltajes, la fiabilidad, etc.

Las redes de distribución y las redes de baja tensión no se diseñaron para recibir inyecciones de potencia, y al conectarse fuentes de microgeneración pueden tener lugar flujos de potencia inversos, alzas de voltaje, cambio de niveles de corto circuito, distorsiones y desbalances de voltaje.

Los **flujos de potencia inversos** puede ocurrir en casos en los que haya una gran penetración en la conexión, como las redes no están capacitadas para recibir grande flujos inversos de potencia, los excedentes generados en instalaciones de microgeneración no exportarán a través de transformadores sino que lo harán hacia otros puntos de consumo conectados a la red de baja tensión.

En relación a los **niveles de tensión**, se generan caídas de tensión que no deberían exceder los rangos que se especifican en la legislación, las instalaciones de microgeneración suelen elevar los niveles de voltaje en las redes de baja y media tensión. Y también provocan **armónicos**, que pueden provocar pérdidas en líneas y transformadores.

Los **desbalances de voltajes** son causados por la conexión de unidades generadoras monofásicas de forma aleatoria a lo largo de la red de distribución y los **aumentos en niveles de cortocircuito** son provocadas por las unidades de baja tensión como los generadores de corrientes continuas en los que la capacidad de cortocircuito es casi despreciable, la contribución a niveles de cortocircuito puede provenir de máquinas de inducción, como generadores minieólicos y turbinas minihidráulicas.

Del régimen especial por lo tanto se derivan varios problemas al aglutinar muy diversas tecnologías, con una capacidad de producción muy variable. Uno de los problemas que derivan de estas tecnologías es el control de tensiones.

Por este motivo, la regulación obliga a que las instalaciones de régimen especial de por lo menos una capacidad mayor de 10 MW, estén asociadas a un centro de control. En diferentes CCAA se han instalado centros de control territoriales ya que para muchas instalaciones de régimen especial suponía un coste muy elevado poner en marcha centros de control.

Este centro de control permite asegurar la aplicación de los objetivos y criterios de operación nacional. Hay problemas también en la armonización de las protecciones, así como falta de elementos de medición que satisfagan los requerimientos de los consumidores y el manejo de la distribución.

Un problema que presentan las energías renovables su **variabilidad temporal**, por lo que se deben utilizar sistemas de almacenamiento para disponer de la energía de forma continua. Para elegir el sistema de almacenamiento se deben tener en cuenta la capacidad necesaria, la potencia que se aporta, la vida útil para amortizar la instalación, los costes de instalación y de mantenimiento, el impacto ambiental, etc.

Los sistemas de almacenamiento más desarrollados son las baterías, el bombeo, el almacenamiento térmico, el aire a presión y los volantes de inercia:

Las **predicciones** de las energías renovables como la eólica son muy complicadas, se debería trazar un plan para mejorar las predicciones a un coste asumible, para lo cual se podría formar una agrupación o un sistema estatal que pudiese centralizar este sistema de previsiones y asumir el gasto para las previsiones, de manera que se podría liberalizar a las instalaciones de llevar a cabo las predicciones.

Otro de los problemas que se encuentran son los **huecos de tensión**, que se producen como consecuencia de las faltas en la red eléctrica. Los huecos de tensión son un problema para las redes de transporte y para las redes de distribución.

La forma de solucionar estas faltas es aislar la red afectada de la red eléctrica principal durante un espacio de tiempo, por lo tanto, esta desconexión puede provocar una desestabilización del sistema eléctrico. Estos huecos de tensión han provocado que, por ejemplo en instalaciones eólicas se hayan visto en la necesidad de ordenar bajadas de tensión en momentos de alta producción eólica al haberse limitado la contribución de la energía eólica en la cobertura de la demanda.

Hay equipos de producción eléctrica que son capaces de soportar los huecos de tensión sin necesidad de desconexión, este problema se podría solucionar en parte con la renovación de muchos de los equipos, compromiso que debería ser compartido por parte de los productores y del Operador del Sistema.

También resultaría muy positiva la instalación de nuevas conexiones con Europa, de manera que no tendría que verse limitada la producción eléctrica de las instalaciones eólicas, pudiendo ser asumido con los intercambios internacionales con Europa central. Otro de los problemas técnicos que se encuentra en estas tecnologías, como por ejemplo en la eólica, es el almacenamiento de energía, problema con difícil solución actualmente.

9.2.4 Falta de conocimiento

La falta de información es otro de los problemas con los que cuenta la microgeneración, hay una falta evidente de difusión y de conocimiento por parte de los consumidores. Los gobiernos facilitan información para que los usuarios no especializados puedan estar informados, pero es necesaria una mayor concienciación ciudadana acerca de la microgeneración, de las posibilidades para su utilización y de las diferentes tecnologías que se pueden utilizar. Esto es responsabilidad de los ciudadanos y de las empresas del sector energético, que son las que deben implicarse en la difusión de la información de forma adecuada.

Es necesario el conocimiento de los diferentes sistemas energéticos que puedan utilizar los usuarios, para que confíen en esta posibilidad de ahorrar costes para la utilización de la electricidad.

Es necesaria información sobre los beneficios, de los costes, obligaciones, seguridad, proveedores, rentabilidad y de todas las posibilidades de producción que tienen los usuarios sin necesidad de ser personas o entidades especializadas en el sector energético ni en el sector de la microgeneración.

9.3 Opciones para facilitar el uso de la microgeneración

En este apartado se analizan diferentes medidas y actuaciones que se pueden llevar a cabo por parte de los diferentes actores del sector energético para beneficiar y facilitar el desarrollo de la microgeneración en España.

Se proponen medidas para las diferentes tecnologías de microgeneración y diferentes medidas legislativas, que pueden ayudar a los productores de instalaciones de microgeneración acogidas al régimen especial.

Adecuada planificación del sistema eléctrico

Ante el cambio del mercado energético español, una vez acometida su liberalización, es muy importante llevar a cabo una planificación exhaustiva a corto, medio y largo plazo del sistema energético español. Se deben aunar los diferentes planes energéticos con todas las administraciones competentes, así como planificar los pasos a seguir con los diferentes actores del mercado energético para que su efectividad se a máxima y se puedan alcanzar los objetivos generales y de cada uno de los grupos.

Es necesaria una planificación de la demanda a muy corto plazo y a corto plazo en este proceso de cambio, una previsión a corto y a medio plazo de la demanda y de los posibles desajustes que puedan acontecer, una previsión a medio plazo de la previsión de producción, así como una previsión a largo plazo de las posibilidades de crecimiento de la producción y de la demanda eléctrica.

También, se deben llevar a cabo diferentes estudios que indiquen la adecuación del sistema energético a las necesidades eléctricas de España en los próximos años e incluso las previsiones de las necesidades energéticas para las siguientes décadas.

Ayudas, primas, subvenciones y marco legal.

Las diferentes ayudas, primas y subvenciones deben ser modificadas para facilitar el desarrollo de la microgeneración en España.

Se deben diferenciar aún más las tecnologías entre sí, como ha ocurrido en el caso de la energía solar fotovoltaica, se deben adaptar las ayudas a cada tecnología, por ejemplo la energía eólica necesita un impulso mucho menor que la energía geotérmica o la energía de la biomasa. Reciben primas diferentes en función de la tecnología y de la potencia instalada, pero estas diferencias no son suficientes.

También es necesario diferenciar las ayudas a la microgeneración en régimen especial de la generación eléctrica también en régimen especial. No se puede equiparar la generación eléctrica en pequeña potencia con la generación eléctrica de gran potencia. Dentro de la energía solar, se han separado las primas en diferentes niveles de potencia, pero en otras tecnologías no, como la energía eólica y la energía geotérmica.

Son positivos los mecanismos de primas a la producción, en España este sistema de primas existe, pero es necesario mejorarlo. El sistema de primas actual no se ha concretado para los diferentes sistemas de microgeneración, ni se han adaptado a los diferentes tipos de tecnologías que se pueden utilizar. Es necesario concretar el sistema de primas para los diferentes sistemas de microgeneración, para que de esta forma crezca y se desarrolle. Hay que diseñar una cobertura normativa que lo facilite.

Las primas son insuficientes para algunas tecnologías y también es necesario un apoyo directo a la inversión en tecnologías emergentes, como la energía geotérmica o la

biomasa, en las que es necesario incentivar, en mayor medida, la inversión. La industria de la microgeneración está muy restringida, tiene unos costos muy elevados de inversión, aunque se espera que estos costes vayan bajando a medida que se vaya desarrollando este mercado.

Una persona interesada en la microgeneración tiene complicado conseguir el capital para realizar la inversión de la instalación. Los costes iniciales de inversión son muy elevados, y pese a haber diferentes tipos de subvenciones, éstas no cubren la totalidad de la inversión. Por lo tanto, uno de los objetivos que deben proponerse en la administración y las empresas del sector energético es tratar de mostrar la rentabilidad a las entidades para que financien proyectos de microgeneración. Por ejemplo la energía eólica ha conseguido crecer mucho en confianza, gracias a la fiabilidad de su tecnología, consiguieron superarse esas barreras iniciales.

Hay otras posibilidades de ayuda para la microgeneración como la reducción del IVA para las diferentes tecnologías de microgeneración, para que no se dejen intimidar por los costes de estas tecnologías. Otra posibilidad fiscal sería reducir los impuestos de la venta de electricidad de las instalaciones de microgeneración. Son necesarias medidas de ayuda fiscales mucho más agresivas para los sistemas de microgeneración, no solo ayudas fiscales como la reducción del IVA en la compra de los equipos tecnológicos.

Para poder afrontar estos costes elevados una posible solución son los préstamos que da el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) que:

“Mantiene habilitada la Línea de Préstamos para financiar inversiones ligadas a aplicaciones que responden a alguna de las siguientes tipologías: energía solar térmica de potencia igual o superior a 20kw; energía solar fotovoltaica aislada para consumo propio; producción térmica con biomasa en el sector residencial y potencia máxima de 3MW; cogeneración hasta 2MW de potencia instalada.” [32]

Esta financiación puede abarcar el 100% de los costes del proyecto con 1,5 M€ como máximo, los beneficiarios pueden ser personas físicas, comunidades de propietarios, ayuntamientos, PYMES y otros organismos públicos.

Si no se siguiesen dando subvenciones a las energías convencionales basadas en combustibles fósiles, se facilitaría en gran medida de esta forma el crecimiento de las energías renovables y de la microgeneración en España. Si además, todas estas subvenciones se trasladan y se dan a las energías renovables sería doblemente positivo.

También, es necesario un marco normativo estable, que se adapte a las necesidades de cada tecnología, un marco regulatorio que garantice seguridad jurídica al inversor y que también asegure la irretroactividad de las normas. Es decir, que si se cambia la regulación vigente, las instalaciones puedan seguir con la regulación que tenían en el momento que se hizo efectiva la instalación y no con la nueva si es que les perjudica, y por lo tanto, se evitaría que quedaran indefensos los productores ante posibles cambios regulatorios que se llevaran a cabo.

Se debe crear un marco legal en el que tengan prioridad absoluta a la red a los productores de microgeneración y de energías renovables. También, es imprescindible crear un marco legal que garantice unas condiciones adecuadas y perfectamente definidas para incentivar la inversión en instalaciones de microgeneración, se puede

hacer mediante programas de tarifas o primas fijas para las instalaciones y programas de primas adicionales premiando la eficiencia y la calidad energética de las instalaciones registradas y conectadas a la red eléctrica.

Además, se debería hacer una mayor inversión en investigación, la investigación en España tiene mucho déficit y uno de ellos es el sector energético. El sector energético necesita mucha inversión en investigación, sobretodo en las tecnologías renovables que no tienen una gran implantación en España y también es importante la investigación en los sistemas de almacenamiento y de control.

Es interesante el modelo de retribuciones alemán con unas retribuciones elevadas que disminuyen anualmente, a medida que vaya creciendo el mercado energético, es muy interesante ya que podría ayudar al crecimiento de la microgeneración fotovoltaica en España.

Necesidad de utilización de las energías renovables

Teniendo en cuenta esta gran capacidad de generación que tiene España mediante tecnologías renovables y el interés y la necesidad de modificar nuestro sistema energético hacia la sostenibilidad, se debe hacer un mayor esfuerzo para aumentar el peso de las energías renovable en el sistema energético español y la microgeneración es una de las vías más adecuadas para llegar a conseguir este fin.

La utilización de las energías renovables es necesaria para lograr disminuir la emisión de contaminantes y para facilitar la recuperación medioambiental que tanto ha empeorado en los últimos tiempos. Las energías renovables son inagotables y limpias de origen natural y por este motivo son imprescindibles. Otra de las ventajas de la utilización de la microgeneración basadas en energías renovables es que fomentan la implicación de los ciudadanos en la conservación del medioambiente.

Además, las energías renovables podrían contribuir positivamente a la economía española. Incentivar la generación eléctrica mediante recursos renovables es muy importante porque facilitan la creación de empleos, como ha sucedido en otros países como Alemania o Dinamarca, en los que las renovables suponen muchísimos puestos de trabajo y contribuyen muy positivamente en la economía de ambos países.

El asunto de la obligatoriedad que supone en la reglamentación de los estados miembros de la Unión Europea del sistema de la garantía de origen para la electricidad generada a partir de energías renovables. Es una medida muy positiva para incentivar al consumidor al consumo de eléctrica proveniente de energías renovables, lo que además podría provocar a los productores a ir aumentando el peso de la energía proveniente de estas tecnologías renovables ante la demanda del consumidor.

Las energías renovables necesitan crecer en peso en el sistema energético español y europeo, además de todas las mejoras medioambientales, de las ventajas de cumplimiento del protocolo de Kyoto, del cumplimiento del peso de las energías renovables en la Unión Europea, también permiten la utilización de una fuente de energía autóctona y así reforzar el sistema económica y permitir incrementar la independencia energética del exterior.

Interconexiones con Europa.

Se deben reforzar las interconexiones de España con Europa, es necesario el refuerzo de las conexiones españolas, aunque en realidad es necesario reforzar todo el sistema de interconexión europeo.

Si mejora la interconexión entre España y Francia se podría vender los excedentes eléctricos a Europa ya que España puede aumentar su producción eléctrica a través de las energías renovables, especialmente mediante la energía solar y la energía eólica, ya que España es uno de los países de Europa con mayor número de horas de sol aprovechables al día para la energía solar.

Mejorar las interconexiones en Europa puede permitir la implantación de una superred eléctrica europea. Una superred es la interconexión de gran tamaño entre países, o entre áreas con gran demanda y áreas con gran oferta. Es un concepto que ayudaría a garantizar la seguridad de suministro en todo momento implica microrredes distribuyendo electricidad en función de la demanda local, a redes inteligentes equilibrando la demanda en una región, y superredes operando para transportar grandes cargas energéticas entre zonas. Mediante las superredes se podrían conectar, de manera efectiva, áreas de alta demanda con áreas de gran suministro. Se ofrecería una distribución energética más sostenible y saldrían los diferentes países beneficiados económicamente.

Las supergrid europea es un objetivo de la Unión Europea para lograr la consecución de mucho de los objetivos que se han comentado para el mercado eléctrico europeo. En diferentes planes de la UE está como objetivo reforzar las interconexiones de las redes eléctricas europeas y la consideramos como una opción muy positiva.

Gestión de la demanda.

Es muy interesante y podría ser muy positiva la aplicación de la gestión de la demanda para el sistema eléctrico español. Estos sistemas existen en diferentes países europeos, como Noruega. Consiste en la toma de control activo de la demanda por parte de las compañías eléctricas, incluidos los clientes, para influir en la cantidad de electricidad que se uso, cuando se usa y su tiempo de uso. Este sistema no incluye ajustes del sistema en situaciones de emergencia.

El objetivo es dar mayor flexibilidad al sistema eléctrico, ayudando a su equilibrio e implica algunas tecnologías de la información avanzadas para poder comunicar los cambios de carga a los responsables del control de la red con el fin de regular la demanda y también el suministro.

En Noruega, los usuarios, incentivados económicamente, pueden optar por apagar aparatos eléctricos en momentos de alta demanda, recibiendo como compensación un precio de la electricidad menor. Los consumidores están preparados para disminuir su consumo, siendo avisados con poca antelación.

Ante la falta de conocimiento, asesores energéticos

El problema no es la falta de información, ya que hay muchas fuentes de información a las que se puede acudir para tener conocimiento de las tecnologías de microgeneración y para tener conocimiento de las diferentes posibilidades de financiación o créditos de bajo interés para llevar a cabo la instalación

Se propone la creación de asesorías o gestores energéticos, tanto en el ámbito privado como en el público que faciliten el acceso a toda esta información, así como las diferentes posibilidades y acciones que puede hacer un potencial productor de microgeneración en España. Se facilitarían mucho los trámites y los diferentes pasos necesarios para hacer efectiva una instalación.

Estos gestores podrían informar bien acerca de cada tecnología, de las posibilidades de adaptación a la localización, de las diferentes empresas del sector energético y por supuesto facilitar el acceso a las subvenciones, primas y créditos de bajo interés. De esta forma se podrían simplificar mucho las diferentes gestiones de un usuario no especializado y los trámites administrativos que tendría que llevar a cabo.

Mini-eólica.

Se debe llevar a cabo la separación reglamentaria entre la mini-eólica y la gran eólica, se debe diferenciar entre ellas la retribución y la legislación, ya que no tiene nada que ver la potencia generada en la mini-eólica y en la gran eólica, las instalaciones de microgeneración de minieólica parten con una desventaja enorme con respecto a las instalaciones de la gran eólica.

Un asunto clave de la energía eólica es el soporte de los huecos de tensión, es decir, la capacidad del grupo generador para seguir conectado a la red eléctrica aunque se den caídas de tensión, y poder reanudar el servicio una vez reparado el fallo. El problema es que la caída de tensión puede provocar la desconexión de todos los aerogeneradores de una zona. Es necesario solucionar este problema de los huecos de tensión de los generadores eléctricos.

También se deben mejorar los sistemas de predicción de la generación eléctrica, los operadores de redes eléctricas necesitan herramientas más precisas para calcular el flujo de energía, se requieren nuevos métodos de predicción eólica, de manera que no dependan únicamente de las instalaciones de generación eólica. Una de las posibilidades es que la predicción dependa no solamente de las instalaciones de energía eólica, sino también de organismos públicos.

Las instalaciones eólicas deben realizar estas previsiones y comunicarlas al distribuidor que le corresponde. De manera que liberando al productor de esta labor y asumiéndola un centro de control del régimen especial, se optimizarían los costes.

Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica esta diferenciada de las demás tecnologías renovables en aspectos de regulación, esta adaptación es necesaria, muy positiva y facilita su utilización. La energía solar fotovoltaica además se puede integrar muy fácilmente en la edificación, formando parte de la estructura del edificio e incluso de otros tipos de infraestructuras como cubiertas.

Gracias al crecimiento de la industria fotovoltaica en España y al aumento de la generación eléctrica a partir de la energía solar, se han disminuido mucho los costes de las instalaciones fotovoltaicas y por este motivo también se modificó el régimen económico mediante el Real Decreto 1578/2008.

Se ha tratado de dar una cierta estabilidad al mercado fotovoltaico español con este Real Decreto, pero se debe facilitar su crecimiento disminuyendo la presión fiscal sobre este tipo de instalaciones al considerar que el coste de los equipos fotovoltaicos debe incluirse en las bases imponibles del Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI) y al Impuesto de Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO).

Energía geotérmica

La energía geotérmica necesita una renovación inmediata de su regulación específica, ya que han cambiado mucho sus posibilidades de uso y las posibilidades de

utilización de la energía geotérmica son muy elevadas, la energía geotérmica es una fuente energética casi sin explotar en España y su potencial es muy grande.

Para incrementar su utilización es necesario un régimen de primas y ayudas en forma de incentivos y subvenciones mucho más agresivo, tal y como sucedió con la industria fotovoltaica y la eólica. El sector geotérmico es muy atractivo y tiene muchas posibilidades de explotación, tanto para usos eléctricos como para usos térmicos. Además una misma instalación geotérmica puede utilizarse como instalación de microgeneración al poder reutilizarse el vapor de agua para usos directos del calor.

Para el crecimiento y la utilización de instalaciones de microgeneración basada en la energía geotérmica en los próximos años, es necesario que se desarrolle un marco regulatorio y financiero favorable. También es necesario que se separe la gran generación eléctrica de la microgeneración.

Biomasa

Es necesario un marco regulatorio que incentive la utilización de biomasa y sea coherente con los objetivos fijados de producción eléctrica a partir de la biomasa. Se deben aumentar las primas y los incentivos a las instalaciones de biomasa, adaptándose a sus necesidades financieras.

Una posibilidad para facilitar el uso de Biomasa es la utilización de espacios para los residuos de granjas, residuos de animales y de residuos agrícolas. Una posibilidad es la creación de una empresa dedicada a la recogida y almacenaje de estos residuos para su posterior tratamiento para su utilización energética. Se podría llevar a cabo la distribución de contenedores para la recogida en granjas y zonas forestales, asegurando también la recogida de los contenedores.

Luego, esa misma empresa u otra de tratamiento de biomasa, realizaría los tratamientos necesarios para su utilización. Con este método se facilitaría la reutilización de los residuos que se han generado en granjas o zonas forestales y de esta forma incentivar su uso, además, todos ganan de esta forma, los encargados de las granjas no tienen que encargarse de la recogida, etc.

Además, son reutilizables los desechos urbanos, tanto los residuos sólidos como las aguas residuales urbanas. Las empresas de recogida de basuras podrían servir de sistemas de transporte de residuos para su posterior separación y selección de los residuos reutilizables para su aprovechamiento energético.

Muchos de los residuos que se comentan se desaprovechan y además aumentan la contaminación medioambiental por lo que es necesario un mayor control de calidad de las tierras y acuíferos, control exhaustivo de los residuos, vigilar y endurecer las normas de vertidos y favorecer el uso de cultivos energéticos. De esta forma se consiguen varios objetivos positivos todos para el medioambiente, como son la disminución de los residuos y los vertidos perjudiciales para el medioambiente y se incrementan los usos energéticos mediante energías renovables.

También se podrían utilizar sistemas de incentivos para facilitar cerca de zonas agrícolas, de granjas de animales y de zonas forestales, la construcción de centrales de tratamiento de biomasa para aprovechar los residuos que generan. La utilización de estos recursos para la generación de energía eléctrica les permitiría ahorrar en gastos eléctricos y poder vender los excedentes de producción a la red eléctrica. Estas plantas

de producción eléctrica en puntos cercanos a la generación de los residuos permitirían el ahorro de costes del transporte de biomasa, que son muy elevados.

De esta forma se aprovecharía para la Biomasa muchos residuos que actualmente se queman y no se aprovechan. Es importante notar que las cantidades de residuos que no se aprovechan son enormes en la actualidad, de manera que el aprovechamiento de estos recursos sería muy positiva también, ya que económicamente supondría también ahorros y se podría reducir el gasto de acumulación y eliminación de todos estos residuos que son aprovechables para sistemas de biomasa.

También se considera que se debe mejorar la estructuración de los grupos en los que se divide la Biomasa en el Real Decreto 661/2007, actualizando así mismo el régimen retributivo. Aspecto que como otras tecnologías de microgeneración necesita una adaptación específica a esta tecnología. El régimen retributivo de las instalaciones de biomasa está separado por rangos de potencia, pero se considera que se debe hacer una mayor división de los rangos de potencia y una diferenciación de la microgeneración.

Microcogeneración

Los sistemas de cogeneración y de microgeneración están muy avanzados tecnológicamente y su utilización en España es ya una realidad, pero sería buena una diferenciación regulatoria entre las instalaciones de microgeneración y las instalaciones de microcogeneración, ya que son distintas las necesidades económicas de los dos tipos de instalaciones.

Es positiva la apuesta por las pilas de combustible, tecnología en desarrollo en temas de generación eléctrica, así como las instalaciones de microcogeneración basadas en biomasa o en microturbinas, estas últimas generan mucha menos contaminación que las centrales de cogeneración a gran escala por KW generado.

Microhidráulica

La tecnología microhidráulica es una tecnología madura y perfectamente adaptada a la microgeneración, se deben diferenciar por este motivo de las demás tecnologías para facilitar su crecimiento.

Se debe diferenciar la microhidráulica de la minihidráulica para el régimen retributivo, ya que la única diferencia se encuentra entre las centrales de mayor o de menor potencia que 10 MW.

Sistemas de almacenamiento.

Los sistemas de almacenamiento son necesarios para aprovechar las tecnologías renovables. Por ejemplo, los excedentes de energía eólica que se producen podrían almacenarse para ser utilizados durante los periodos de ausencia de viento.

Por razones económicas el tiempo típico que tardan en llenarse los dispositivos de almacenamiento es de un día como máximo, salvo en los sistemas de almacenamiento por bombeo. Los costes actuales de la tecnología de almacenamiento son elevados, pero con una implantación más amplia se lograría una caída importante de los costes y además es necesaria una evolución de esta tecnología, porque en la actualidad no pueden compensar los largos periodos de ausencia de producción eléctrica con los excedentes almacenados durante periodos de sobreproducción. Actualmente,

solo es posible utilizando un gran número de presas hidráulicas con una importante capacidad de almacenamiento hidráulico.

En la actualidad, los sistemas de almacenamiento no pueden ofrecer soluciones ante, por ejemplo, la falta de producción de energía solar y de energía eólica simultánea, teniendo que ser sustituida por otras fuentes porque los sistemas de almacenamiento no tienen capacidad para almacenar grandes cantidades de energía eléctrica.

Existen diferentes tecnologías viables para almacenar energía eléctrica, unas maduras y otras en proceso de investigación, y que presentan diferentes ventajas y características. Se debe buscar un almacenamiento más barato para facilitar una integración más sencilla, por ejemplo se podría hacer mediante el hidrógeno a partir de las pilas de combustible.

Las baterías electroquímicas son el sistema clásico de almacenamiento de energía eléctrica en forma de corriente continua, basado en reacciones de oxidación-reducción que tienen lugar en los electrodos separados por un electrolito. Tienen como inconveniente su corto periodo de vida útil, baja energía específica, los problemas de corrosión y limitaciones con la temperatura.

El almacenamiento por bombeo es una tecnología tradicional que consiste en bombear agua a un depósito situado en una posición superior cuando el precio de la electricidad es bajo y durante periodos de elevada demanda eléctrica se deja caer por turbinas para producir energía eléctrica, vendiéndola a un precio más alto. Actualmente es la forma de almacenamiento más utilizada y también la forma más económica, estos sistemas de almacenamiento son muy útiles. También están los sistemas de almacenamiento de aire comprimido que tienen el mismo fundamento que los sistemas de almacenamiento por bombeo pero utilizando aire comprimido.

Los sistemas de almacenamiento térmico guardan el calor aprovechando un medio de almacenamiento como un lecho de roca, agua caliente, ladrillos, etc. Como ocurre en los sistemas de bombeo, en horas de baja demanda, se almacena el calor que se utilizará al día siguiente para generar electricidad en horas en las que el consumo eléctrico es más costoso.

El sistema de aire comprimido consiste en el almacenamiento de aire a elevada presión en depósitos subterráneos durante las horas de baja demanda. Luego, en horas de pico, el aire almacenado se expande moviendo un turbogenerador.

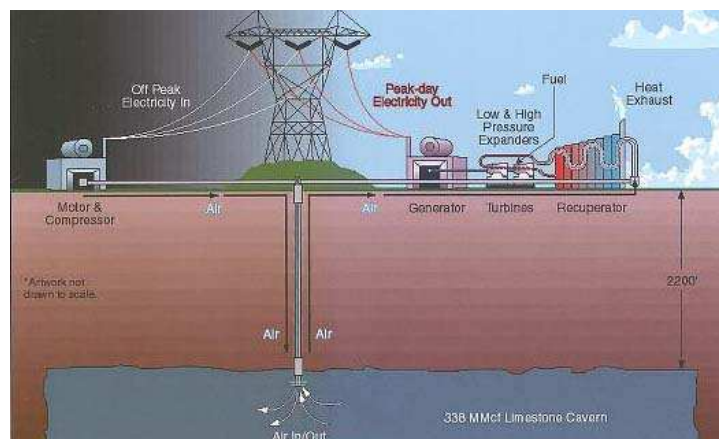


Ilustración 60. Instalación de un sistema de aire comprimido. [33]

Los volantes de inercia permiten el almacenamiento de energía en forma de energía cinética de rotación con el giro permanente de un volante. La energía almacenada aumenta a medida que aumenta la velocidad de giro del volante. Para generar electricidad se conectan a un moto-generador.

Hay otro tipos de sistemas de almacenamiento que está en proceso de desarrollo y en crecimiento, como puede ser el almacenamiento con tecnología V2G se basa en vehículos eléctricos que están equipados con baterías que dan mayor flexibilidad al sistema eléctrico y que podrían integrarse en las centrales eléctricas virtuales.

Es necesaria la investigación en los diferentes sistemas de almacenamiento, se propone la investigación y aunar los esfuerzos de las diferentes potencias europeas para lograr una mayor efectividad en estos sistemas, cuando se consigan sistemas de almacenamiento adecuados se alcanzarán todas las metas energéticas para ayudar a la conservación del medioambiente.

Todas estas medidas que se proponen como mejoras pueden ayudar al crecimiento y desarrollo de los diferentes sistemas de microgeneración en España. Son muchas las mejoras que se proponen desde diferentes ámbitos y actores del sector eléctrico. Los sistemas eléctrico y energético tienen mucho margen de mejora, para lo que es necesaria la investigación y la inversión por parte del estado.

10. Conclusiones

Los sistemas de microgeneración están en periodo de crecimiento en España, adaptándose las diferentes tecnologías aplicables a la regulación y a los diferentes sistemas de primas. Están basadas fundamentalmente en las tecnologías renovables.

Las energías renovables no son solamente una alternativa para la generación eléctrica, sino que son una necesidad. El primer motivo es la dimensión medioambiental porque es una fuente inagotable, no provocan el efecto invernadero, no causan la lluvia ácida y no producen la contaminación ambiental tan elevada que provocan las energías convencionales. Todo este perjuicio medioambiental de las energías convencionales afecta también a la salud, los niveles de contaminación actual de las grandes ciudades son muy elevados y es necesario reducirlos por los problemas sanitarios que provocan, además, estos problemas de salud repercuten en el gasto sanitario.

El segundo motivo es que la demanda eléctrica está aumentando mucho a nivel mundial, y como se ha comentado, hay una preocupación por la seguridad de suministro y por las fluctuaciones del precio de los combustibles fósiles. El tercer motivo es la elevada dependencia energética del exterior causada por la fuerte presencia de los combustibles fósiles en el mercado energético español. La microgeneración se ve como una solución a este problema, porque además de beneficiar la conservación del medioambiente, son instalaciones de producción eléctrica autóctona, y permiten de esta forma incrementar la seguridad de suministro reduciendo las importaciones. Disminuir las importaciones significa que disminuyen los gastos en este apartado económico.

En los últimos años y en la actualidad se están liberalizando los mercados de electricidad y gas en Europa. Todavía queda mucho camino por recorrer hasta conseguir una verdadera liberalización, lo que genera nuevas barreras al no estar completamente estructurado el mercado. Esta desestructuración crea una cierta incertidumbre entre los posibles inversores, algo que los gobiernos intentan solventar con grandes incentivos económicos en forma de primas o subvenciones. Esta volatilidad de los precios influye en todos los sistemas de microgeneración, en estado de uso y en proyección.

Para crear un mercado energético eficaz europeo es necesario mejorar y diversificar las interconexiones entre las diferentes regiones. Una mejor interconexión y la inserción de sistemas de microgeneración servirán para poder garantizar la seguridad de suministro en Europa y permitirá un incremento de las fuentes de energía autóctonas en Europa. Como se ha comentado en el proyecto, en España se apuesta por un refuerzo de las conexiones eléctricas con Europa a través de Francia para poder garantizar el suministro eléctrico y poder aumentar los intercambios energéticos de forma bidireccional. También se contempla como una posibilidad muy positiva la creación de una superred europea que mejore la garantía de suministro.

Además, para que funcione correctamente la red eléctrica española y la superred eléctrica europea son necesarios los centros de control y la creación de una red inteligente, que gestione eficazmente los múltiples centros de generación y los sistemas de microgeneración eléctrica. Para que también ayuden a disminuir los fallos de la red eléctrica, que se complica por la conexión de los sistemas de microgeneración.

Los efectos adversos de la microgeneración, causados por la conexión de sus equipos a la red eléctrica, son problemas que provocan cambios en las configuraciones

de las redes eléctricas, pero son cambios perfectamente subsanables y fácilmente superables con una planificación adecuada

Los sistemas de microgeneración aportan otras ventajas, entre las que hay que destacar la generación de empleo, en diferentes sectores, desde la investigación hasta los técnicos de instalación de las diferentes tecnologías, con un número mayor de empleos creados por KW generado que las tecnologías convencionales.

La microgeneración facilitará todos estos aspectos que se han comentado de las mejoras medioambientales, la utilización de recursos autóctonos, la creación de empleo, los beneficios económicos y la reestructuración del mercado energético español.

La energía solar fotovoltaica, la energía eólica y la energía hidráulica son tecnologías ya maduras y su tecnología puede aplicarse perfectamente en sistemas de microgeneración, como ya se hace desde algunos años, aunque siguen necesitando ayudas e incentivos para su utilización. En cambio, las demás tecnologías necesitan una mayor promoción y un apoyo firme para facilitar su utilización, necesitan un sistema de incentivos mayor que el actual y mucho más fuerte que la hidráulica, la eólica y la solar. Por lo que, se considera que debe diseñarse una cobertura normativa para cada una de las tecnologías de microgeneración, en especial para las que no son maduras. Los mecanismos basados en primas a la producción han demostrado ser los más eficientes por lo que se debe mantener, reforzar y mejorar el actual sistema de primas.

En relación a la normativa sobre el Real Decreto 661/2007 se podría eliminar la obligación del autoconsumo dando la posibilidad de vender el 100% de la energía producida, fomentar el incremento en la retribución en función de la potencia instalada y del combustible ya que se considera que las instalaciones de microgeneración se deben distinguir de las demás instalaciones de más de 1MW que se acojan al régimen especial. Las retribuciones no deben ser iguales para niveles de generación tan dispares. También se puede dar una mayor retribución como complemento a la eficiencia de la instalación, para premiar de esta forma la eficiencia de las instalaciones.

Además, también se considera necesario diferenciar más a las tecnologías entre sí, ya que hay tecnologías energéticas como la geotérmica y la energía de la biomasa que necesitan un apoyo mayor. También se considera positivo que las retribuciones puedan ir adaptándose automáticamente a las necesidades del mercado, así, a medida que este vaya aumentando las retribuciones puedan ir disminuyendo.

El coste de los sistemas de microgeneración acogidos al régimen especial es elevado, pero a medida que el número de las instalaciones vaya aumentando, los costes de instalación van a disminuir, aumentará la competencia y los precios de la tecnología disminuirán, como ha sucedido con la energía solar fotovoltaica en los últimos años.

Actualmente existe un verdadero laberinto administrativo que el promotor de instalaciones de energía renovable ha de afrontar. Por tanto, las administraciones deben, en primer lugar, intentar simplificar la normativa y los trámites administrativos. En segundo lugar, comprometerse a cumplir en tiempo y forma la normativa vigente y hacer un esfuerzo porque los criterios de planificación sean comunes para todas las Comunidades Autónomas, desarrollando canales de comunicación entre los promotores y el resto de agentes implicados (Organismos Estatales, REE, distribuidores, etc.)

Para analizar la microgeneración y las energías renovables no solo hay que mirar la amortización de la inversión y los beneficios económicos sino que es necesario entenderlas también como una necesidad social y medioambiental.

11. Bibliografía

- [1] IEA, International Energy Agency. “*World Energy Outlook*”
- [2] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaria de Estado de Energía. Extraído de la página Web 25/05/2010: <http://www.mityc.es>
- [3] ASIF. Asociación de la Industria Fotovoltaica. “*Hacia la consolidación de la energía solar fotovoltaica en España*” Informe anual 2009.
- [4] Comisión Europea. Market observatory for Energy. “*Europe’s energy position, markets and suppl. Report 2009.*”
- [5] Red eléctrica de España. “*Avance del informe 2009: El sistema eléctrico español*”
- [6] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. “*Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020*”
- [7] CNE, Comisión Nacional de Energía. Fecha de actualización 10 de Agosto del 2010. “*Informe mensual de ventas del régimen especial. Régimen especial de producción eléctrica en España.*”
- [8] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Extraído de la página Web, 12/07/2010: www.idae.es
- [9] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. “*La Energía en España 2008*”. Secretaria de Estado de Energía.
- [10] APPA, Asociación de Productores de Energías Renovables. Marzo 2005. “*Libro Blanco de la Generación Eléctrica en España. La visión de los productores de energías renovables*”
- [11] Ministerio de Industria, turismo y comercio. Subdirección General de Relaciones Energéticas Internacionales. Secretaria de Estado de Energía. 25/11/2009. “*Informe en cumplimiento del Artículo 3 de la Directiva 2001/77/CE, de 27 de Septiembre de 2001, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad*”
- [12] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaria de Estado de Energía. “*Informe en relación con la cumplimentación del artículo 4.3 de la directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables*”
- [13] Diario oficial de la Unión Europea. “*Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE*”
- [14] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaria de Estado de Energía. “*REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.*”
- [15] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaria de Estado de Energía. “*Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas*”

en el sector energético y se aprueba el bono social. BOE del Jueves 7 de Mayo de 2009”

[16] Agencia Tributaria española. “Real Decreto Legislativo 4/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades. (B.O.E. 11-03-2004)”

[17] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. “Energía Eólica”

[18] AEE, Asociación Empresarial Eólica. Información extraída de la página Web: www.aeeolica.es

[19] S. Sawyer, A. Zervos. GWEC, Global Wind Energy Council. Marzo 2010. “Global Wind 2009 Report” (Informe sobre la energía eólica mundial 2009)

[20] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Dirección de EE.RR. “El Sol puede ser suyo. Respuestas todas las preguntas clave sobre la energía solar fotovoltaica”

[21] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE número 234. “Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.”

[22] Empresa Isofotón. Consulta en la página Web de la empresa para la obtención de fotografías e información de proyectos fotovoltaicos: www.isofoton.com

[23] IEA, International Energy Agency. 2010. “Renewable Energy Essentials: Geothermal”

[24] Ministerio de Ciencia e Innovación. APPA, Asociación de Productores de Energías Renovables. Secretaría técnica GEOPLAT, Plataforma Tecnológica Española de Geotermia. “Visión a 2030”

[25] Guillermo Llopis Trillo, Vicente Rodrigo Angulo. de la U. D. de Proyectos de Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. “Guía de la energía geotérmica”

[26] APPA, Asociación de Productores de Energías Renovables. Informe de Marzo 2010. “La inversión en renovables muy rentable para España”

[27] Daniel Maraver de Lemus. Fundación CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos). Noviembre 2009. “Posibilidades tecnológicas y viabilidad de la generación descentralizada de electricidad con biomasa”

[28] Gregorio Gil García. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 2008. “Energías del siglo XXI”

[29] AGENBUR, Agencia Provincial de la Energía de Burgos. Consultas en la página Web de la agencia: <http://www.agenbur.com>

[30] Comisión Europea. 2006. “European SmartGrids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future”

[31] APPA, Asociación de Productores de Energías Renovables. Noviembre 2009. “Estudio Macroeconómico de las Energías Renovables en España”

- [32] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. “*Memoria Anual 2008*”
- [33] Consulta en la página web: <http://www.biocarburante.com> Fecha de consulta: 20/08/2010
- [34] Empresa Home Energy. Información extraída de la página Web de la compañía: <http://www.home-energy.com>
- [35] Jaume Pous, Luís Jutglar. Ediciones CEAC. 2004. “*Energía Geotérmica*”
- [36] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. “*Energía solar en España 2007. Estado actual y perspectivas*”
- [37] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. “*Manual de Energías Renovables. Energía Solar Térmica*”
- [38] European SUNRISE Project en colaboración con la European Photovoltaic Technology Platform. “*Building Integrated Photovoltaics*”
- [39] EPIA, European Photovoltaic Industry Association. “*Global market outlook for photovoltaics until 2013*”
- [40] EPIA, European Photovoltaic Industry Association en colaboración con Greenpeace. “*Solar Generation V-2008*”
- [41] Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria. Coorganizadores: Instituto Geológico y Minero de España, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid. 2008. “*GeoEner : I Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria, Madrid, 15 y 16 de octubre de 2008 : libro de actas*”
- [42] Mary H. Dickson y Mario Fanelli. Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italia. “*¿Qué es la energía geotérmica?*”
- [43] Vicente Raya Narváez. Universidad Internacional de Andalucía. “*Estudio técnico económico de instalación fotovoltaica en cubierta y conectada a red en el instituto de enseñanza secundaria “Francisco Salinas” de Salamanca (España)*”
- [44] María Vela Hernández. Proyecto de Fin de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Ingeniería Eléctrica. “*Instalación fotovoltaica de un Hotel Rural*”
- [45] Sol de Hogar- Energía de Hogar. “*Estudio de instalación solar fotovoltaica para la conexión a red*”
- [46] James Larminie, Andrew Dicks. Wiley, segunda edición. 2003. “*Fuel cell systems explained*”
- [47] Pablo Baño Tovar. Proyecto Fin de Carrera de la Universidad Pontificia de Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) “*Instalación fotovoltaica de potencia nominal 100 kw sobre tejado de nave industrial en Los Alcázares (Murcia)*”
- [48] Luis Arribas. “*Micro-generación y pequeños aerogeneradores*”. Artículo de información de microgeneración en España. Ciemat. Febrero 2007
- [49] DiPippo, Ronald. “*Geothermal power plants: principles, applications, case studies and environmental impact.*” Segunda edición. 2008.

- [50] Erich Mands, Burkhard Sanner. Ubeg GbR. Germany. *“Energía geotérmica a poca profundidad”*
- [51] Thomas Ackermann, Göran Andersson, Lennart Söder. Electric Power Systems Research. 2001. *“Distributed Generation: A Definition”*
- [52] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE nº 63 del 13 de Marzo del 2010. *“Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.”*
- [53] IEE, Intelligence Energy Europe. AGENER, Agencia de Gestión Energética de la provincia de Jaén. *“Introducción a los sistemas de energías renovables y microgeneración en alojamientos rurales”*
- [54] David Trebolle Trebolle. Tesis de Master en Gestión Técnica y Económica en el sector eléctrico. Universidad Pontificia de Comillas. *“La Generación Distribuida en España”*
- [55] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *“Manual de Energías Renovables. Energía de la Biomasa”*
- [56] Pablo Salvador González. Universidad de Valladolid. Junta de Castilla y León. *“Curso de energías renovables. Biomasa”*
- [57] Comisión Nacional de Energía. *Normativa en España y Normativa cunitaria*. Extraído de la página Web de la Comisión Nacional de Energía de España, 9/08/2010: www.cne.es
- [58] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *“Biomasa. Producción eléctrica y cogeneración”*
- [59] Comunidad de Madrid. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. *“Guía básica de la Generación Distribuida”*
- [60] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *“Perfil Ambiental de España. 2009”*
- [61] Alberto Rodríguez Hernández. Comisión de Regulación de Energía y Gas. Noviembre de 2009. *“La Generación Distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional”*
- [62] Ministerio de vivienda. Documentación del Código Técnico de Edificación recogida de la página Web: <http://www.codigotecnico.org/> *“Documento básico de energía”*
- [63] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *“Plan de Acción 2008-2012”*
- [64] Red eléctrica de España. *“El sistema eléctrico español 08”*
- [65] Red Eléctrica de España. *“Síntesis Sistema Eléctrico Español. 2009”*
- [66] Patricia Cuenca Garrido. Proyecto de Fin de Carrera de Ingeniería Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. *“Diseño e integración de Instalación de un Sistema de Producción de Energía Eólica Doméstica”*

- [67] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE número 114, 12 de Mayo de 2007. *“Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.”*
- [68] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE número 152, 24 de Junio de 2008. *“Resolución de 14 de mayo de 2008, de la Secretaría General de Energía, por la que se aprueba la Guía Técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia”*
- [69] IRENA (International Renewable Energy Agency) Traducción: Agencia Internacional de Energías Renovables. Extraído de la página Web de la agencia: <http://www.irena.org>
- [70] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE número 315, 31 de Diciembre de 2009. *“Orden ITC/3519/2009, de 28 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.”*
- [71] Francisca Cortés González. Memoria proyecto de fin de carrera. Santiago de Chile. Abril 2008 *“Estudio de factibilidad del uso de microgeneración en base a energías renovables en redes de baja tensión”*
- [72] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *“Plan de Acción Nacional 2008-2012”* Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *“Ley 54/1997, de 27 noviembre, del sector eléctrico. B.O.E. de 28-11-1997”*
- [73] Unión Europea. Diario oficial de la Unión Europea. L52/50. 21 de Febrero de 2004. *“DIRECTIVA 2004/8/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de febrero de 2004 relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE”*
- [74] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *“Memoria anual 2007”*
- [75] Antonio Madrid. AMV Ediciones Mundi-Prensa. Primera edición. 2009. *“Energías renovables. Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones”*
- [76] Enrique Soria Lascorz. División de Energías Renovables CIEMAT. *“La tecnología Minieólica: retos y portencial desarrollo”*

